

國立臺灣大學國家發展研究所

碩士論文

Graduate Institute of National Development

National Taiwan University

Master Thesis

國家在風險治理的角色-以奈米國家型計畫為例

States in the Role of Risk Governance



Yun-Ling Li

指導教授：周桂田 博士

Advisor: Kuei-Tien Chou, Ph.D.

中華民國 97 年 7 月

July, 2008

誌謝

論文動筆之初，曾經聽前人說過，一本論文裡面最先寫好的部份是謝詞，也與同學討論過在蒐集資料時，觀察他人謝詞內容的樂趣。但當自己的論文真正接近完成的時刻，才發現寫謝詞其實不是想像中的模樣，隨著時間推移、生活經驗的變化，想要提及的人也一同變化。

完成這一份論文 首先最要感謝的是指導教授周桂田老師的細心指導及無比的耐心，口試委員林宜平老師和魯貴顯老師的不吝指正，以及論文中的所有受訪者願意接受訪問，使這份論文更加完整，不至於顛三倒四、不知所云。

在整個研究過程中，承蒙身邊許多好友的鼓勵與協助，讓看似枯燥的研究生生活多了許多樂趣。感謝星巴克六福及和平門市的夥伴們，在最初準備考試階段的陪伴，在星巴克工作的這五年，是我一輩子難忘的回憶；馥瑋、黃婷及青玲，謝謝你們出現在我的人生中，讓我看清楚人生的方向並獲得力量，不論何時，只要想到你們就會讓我的心境平靜下來，你們是我最珍視的朋友，這篇論文的完成你們居功厥偉，若有任何小小的榮耀，我都願意與你們分享。

親愛的 Aska 與 Peter，謝謝你們給了我精采的 2007 年，毫無疑問的，你們是我這一生中最美麗的遇見，也讓我認識了許多有趣的好朋友，我衷心期待你們一同發光發熱的那天，屆時，不論我在世界的哪一個角落，我會回來一起親眼見證這一刻。

最後，一直在我身邊的家人，謝謝天上的父親無時不刻的看顧，我會記得我的承諾繼續努力，我所有的努力與成就都為了讓您感到光榮；辛苦的母親容忍任性的我，默默的付出，真的希望有一天我的名字能讓您感到驕傲；我最親的兩個妹妹，因為有妳們在，讓我不論再怎麼難過都知道我不是孤單的，有妳們當我的手足，是我永遠感激的；以及家中兩隻可愛的寶貝，因為你們讓姐姐的生活有著無比的樂趣。

僅以此論文獻給天上的父親，希望我不會讓你丟臉。

中文摘要

本論文採取深度訪談與次及資料分析法，研究政府在奈米科技研發與風險控管中的角色，以行政院奈米國家型計畫為研究主體。

東亞三國，台灣、南韓與日本，由於其發展的脈絡與歐美等西方國家不同，被歸類為發展型國家。主要特色為公私部門的緊密合作及菁英官僚組織，政府藉由不同的機制扶植國內產業發展，加上完善的官僚系統，使得政府的決策得以有效執行。對發展型國家而言，政府一向扮演相當重要的角色，但在全球化與自由市場的概念下，政府角色正逐漸消退。

當前各國皆致力於創新產業的發展，諸如：生技產業、基因改造工程、生物辨識系統及奈米產業，然而從之前的風險案例已經證明，若放任產業毫無限制地發展，勢必對人類生活造成更大的威脅。因此在全球化與自由市場的概念下，仍應該留給政府一個監督的角色，不僅扶植產業的發展，同時也應該考量風險的生成與應對。對台灣來說，政府投注相當高額的經費協助奈米產業的發展及應用，但目前我們尚未看到政府在風險控管上面的顯著發展，奈米本身是一個高度不確定性的科技，除了奈米科技研發過程的控管外，該技術在產品中的應用也應該受到監督。

本文的二、三章先介紹奈米技術與奈米國家型計畫，在第四章的部份開始說明各國對奈米科技的投資狀況、奈米科技應用的層面與可能產生的風險，在潛在危害的部份分為環境、人體健康及社會倫理三方面說明。

從第五章開始，奈米國家型計畫的相關專家訪談說明了，國家仍延續發展型國家的模式介入產業的發展，將大量的資金與研究資源投入技術與產業結合的研究，在風險控管的部份則相對比重極小。研究者及官員皆承認風險控管的重要性，在國家型計畫中將這部份的工作交由環保署、衛生署及勞委會的 EHS 計畫負責，官員們認為這樣的風險控管是足夠的，但對公衛及風險研究學者而言則是不足的。在第六章的部份，筆者論述國家在風險治理中的角色，由於國家型計劃整合

並運用國家資源執行，因此除了技術的研發外，政府也應該運用這些資源進行奈米風險控管的研究與執行。

在國家創新體系的發展脈絡之下，產業發展被視為是政府首要目標，科學被視為視中立而客觀的學科技術，因此產業發展所帶來的風險議題也在這種科學中立客觀的價值體系中被定義，在官方與科學家共謀之下，環境變化、危害等事項皆被量化為數據資料，使得「不具科學知識」的居民與關心人士等這些外行人被排除在科學領域之外。然而，科學是否是中立客觀的學科？高科技產業的原料、設備等均來自國外，國內產商與台灣官方投注大量資源在創新和改良製程，卻未曾關注生產過程與原料對人類健康和環境的危害，當惡果產生時，學者承接官方資源進行污染調查，官方建構出來的污染鑑定機制，使得學者陷入污染內容、種類、濃度等瑣碎的調查中，但與身體及環境相關的污染事實，卻常被忽略而推託。這套科學機制運作的背後，便是台灣長期以來，以創新體系、經濟發展掛帥的意識形態，過去一直認為科學能解決問題，成為經濟發展的最佳助手，但實際上，科技常常帶來自身無法解決的問題，其後果則讓所有人承擔。

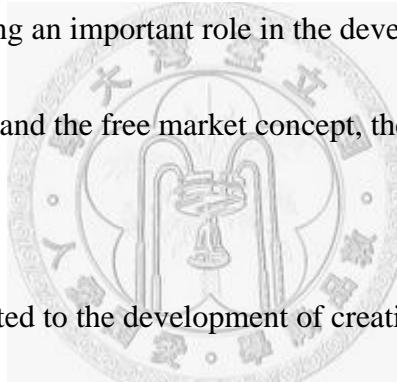
目前對奈米的毒性證據尚處於模糊不清的階段，沒有任何一個科學家能夠保證奈米商品不會對健康或環境安全帶來威脅，但在各國奈米商品中慢慢發現一些潛在的危害，而透過當前的全球化商品網絡，這些商品及潛在的危害都成為跨國界、跨領域的風險。本文認為任何新興的商品及產業發展之初，政府就應該要提出一定的規範管制，理想的風險治理架構應該是考量到奈米的不確定性，加上各個先進國家風險治理的架構，來發展出適合台灣的奈米風險治理框架。本研究藉著台灣的科技發展歷史，以及發展型國家模型，研究當前台灣風險感知的缺乏，同時希望能夠避免過去科技專家獨大的情景，將「科技專家」與「科技外行人」中間的差異縮小，設計出一個「共善」的、具有風險感知的發展架構。

關鍵字：奈米技術、奈米風險、奈米國家型計畫、發展型國家、風險社會、風險治理、科技不確定性。

英文摘要

The three countries of East Asia, Taiwan, South Korea, and Japan, because of their context and the development were different from Europe, the United States and other Western countries, were classified as development-oriented countries. The main feature is the close cooperation between the public and private sectors and bureaucratic elite organizations, through different mechanisms to foster the development of domestic industries, making the Government's decision to effective implementation. The

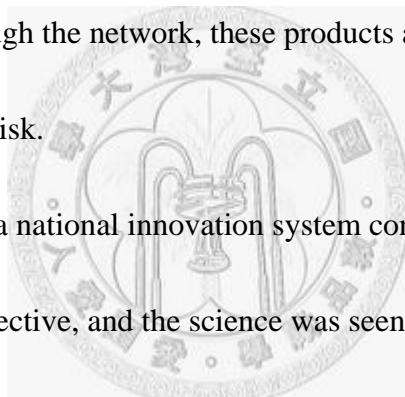
Government has been playing an important role in the development of a country, but in the context of globalization and the free market concept, the role of government is gradually dissipated.



States are now committed to the development of creative industries, such as: the biotechnology industry, GM project and nanotechnology industry. But the risk form the percedented case has proven that if unrestricted laissez-faire industries develop, it will pose a greater threat to human life. Therefore, the Government should still be left to a supervisory role, not only to foster the development of industries, but also should consider the generation and response of risk. To Taiwan, the Government is betting the high level of funding to assist the development of nanotechnology industry and applications, but we have not yet seen the Government's constructive doings in risk control of nanotechnology. Nanotechnology itself is a high degree of uncertainty in

science and technology, in addition to the development process control, the technology of the products should also be supervised.

Nanotechnology industry will bring substantial business opportunities, but will also trigger unknown risks. The current evidence of the toxicity of nanotechnology is still in the stage of ambiguity. No scientist can guarantee that nano products are free from health or environmental safety threats. But in some countries, it is gradually found that some potential hazards in some nanotechnology products. And the current globalization of goods through the network, these products and potential hazards are a cross-border, cross-cutting risk.



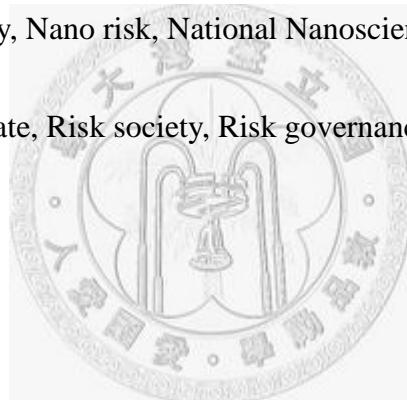
In the development of a national innovation system context, industrial development was seen as the primary objective, and the science was seen as neutral and objective. In the co-operation with scientists, environmental changes and hazards are quantified as data, making the “non-scientific knowledge” public and laymen were excluded from the scientific fields. However, the raw materials and equipments of high-tech industries are all from abroad, while Taiwan’s Government invests a lot of resources in innovation and improvement processes, but does not concern the production process and raw materials on human health and environmental hazards. Behind the operation of the science mechanism is the ideology of the innovation system and economic development - oriented. In the past, it has always thought that science can solve any problem and

become the best economic development aide. In fact, technology often brings problems they can't solve, and its consequences are abided by everyone.

In this paper, this point of view is that any new goods and the beginning of industrial development, the Government should regulate to a certain control. The ideal risk management framework should be taking into consideration the uncertainty of nanotechnology, couple with various advanced countries in the risk management frameworks suitable to the development of Taiwan's nanotechnology risk governance.

Keyword : Nanotechnology, Nano risk, National Nanoscience and Nanotechnology

Program, Developmental state, Risk society, Risk governance, Scientific uncertainty.



目 錄

口試委員會審定書	i
誌謝	ii
中文摘要	iii
英文摘要	v
目錄	viii
圖目錄	x
第一章 緒論	
1.1 問題意識	1
1.2 章節安排	3
1.3 研究限制	5
第二章 文獻回顧	
2.1 文獻回顧	7
2.1.1 發展型國家理論	7
2.1.2 台灣產業發展軌跡與政府所扮演之角色	9
2.1.3 實證主義、科學、科技與不確定性	11
2.1.3.1 實證主義與科學	11
2.1.3.2 科學、科技與不確定性	13
2.1.4 風險感知	15
2.1.5 創新與高科技風險	17
2.1.6 科技官僚與政策間的關連	20
2.1.7 台灣在奈米風險上的研究成果	22
2.2 研究架構分析	23
2.3 研究方法	25
第三章 行政院奈米國家型科技計畫	
3.1 計劃簡介	30
3.1.1 奈米科技	30
3.1.2 奈米國家型科技計畫緣起	30
3.1.3 計畫內容與宗旨	32
3.1.4 經費	34
3.2 奈米國家型計劃辦公室	34
3.3 發展型國家與國家型計畫	35
第四章 奈米技術的美麗與哀愁	
4.1 新興科技帶來的利與弊	38
4.1.1 奈米科技的正面效應	38
4.1.1.1 奈米科技的應用領域	39
4.1.1.2 各國對發展奈米科技所挹注的努力	41
4.1.2 奈米科技的負面效應	45
4.1.2.1 環境方面	46
4.1.2.2 人體健康方面	46
4.1.2.3 政策、社會與倫理等議題	48
4.2 目前可知奈米技術的風險	50
4.2.1 奈米微粒毒性研究	50
4.2.2 工程奈米材料毒性研究	51

4.3 英美政府對管制奈米相關技術的正式法規	52
4.3.1 英國	52
4.3.2 美國	56
4.3.3 德國	59
第五章 專家在奈米風險治理上的爭議	
5.1 傳統學科區分影響風險治理的態度	61
5.2 風險治理議題中 專家的態度與討論	63
5.3 小結	71
第六章 國家在風險治理中的角色	
6.1 我國政府現行方式	73
6.1.1 對奈米風險治理的態度	73
6.1.2 與奈米風險相關的正式法規	74
6.2 國家在風險治理上的角色	76
第七章 結論	
7.1 科技與公民的對話	82
7.2 建議	84
參考文獻	88
附註	
附註一、受訪者列表	96
附註二、訪談問卷	97
附註三、奈米國家型科技計畫經費需求	98
附註四、近三年美國各部會奈米研發預算	99
附註五、FY2008 美國各部會奈米預算	100
附註六、英國奈米研究中心	101
附註七、歐盟 FP7 中奈米技術發展與行動計畫	102
附註八、台灣奈米標章廠商及產品	103



圖 目 錄

圖一：國家型科技計畫推動流程示意圖	p. 29
圖二：奈米國家型計畫架構	p. 32
圖三：奈米國家型計劃辦公室架構	p. 35
圖四：奈米標章驗證流程	p. 75





第一章 緒論

1.1 問題意識

台灣的經濟發展經常被譽為奇蹟，回顧台灣的經濟發展過程，由農業時代到工業時代，發展到目前的資訊服務時代，產業的發展及產業的競爭力是維持長期國家產業結構具競爭力的基本要求，綜觀我國過去各類產業的創始初期，國家創新體系中的產官學研在新興產業中的貢獻不容忽視。進入二十一世紀，在經濟全球化的進程中，國際競爭更趨激烈，許多國家都把強化國家創新體系作為國家戰略，把科技創新投入作為戰略性投資，發展科學研究前沿的高技術及其戰略產業，實施國家重大科技規劃，以增強國家創新能力來提昇國際競爭力。

在民國六零至七零年代，我國以石化、鋼鐵、紡織、汽車…等扮演產業龍頭及帶動經濟成長角色，這段期間，由企業界自己從國外引進技術，藉由不斷的技術追隨，企業界再對相關研發進行投資，而將這些產業帶動起來。民國七零年代以後，**半導體**及資訊產業蓬勃發展，由法人研究機構向國外引進高科技，在國內加值，藉由人才之培養及技術之快速跟進而逐步移轉業界，或由海外學人直接回國創業，使得業界成長，其後光電、通訊產業亦循相同的模式發展。在這「快速追隨」的經濟體下，大學以從事學術研究並培養人才為主，法人研究機構進行技術引進而予加值提昇，企業界自大學招募工程人才及自法人研究機構或國外移轉技術從事相關製造，三者互動關係可有效支援經濟的發展。

半導體產業之後，從八零、九零年代開始，**生物科技**成為台灣在全球競爭下的主力，一九八零年，政府將生物科技立為八大重點科技之一，自一九九七年開始，每年召開一次國家生技策略會議；國內學界對於生物科技的發展也投注了很大的心力，一些主要的學術研究機構如中研院等，對生物科技的基礎研究及技術上的研發等，還有一些機構負責將其學術研究成果，導入實際應用及市場，如工業技術研究院、財團法人生物科技公司等，將科技成果轉入生活之中。生物科技

的應用充斥在日常生活中，舉凡農業、醫學方面都藉由生物科技來改善其品質，例如，基因改造食品、基因治療、環保生物技術學等。

近年來，奈米科技如雨後春筍般地蓬勃發展，舉凡奈米服裝、奈米食品、奈米光觸媒、奈米化妝品等，為現代人的生活帶來新的前景。全球奈米科技以日本、美國及西歐等先進國家為領先群，各個國家所強調的重點有所不同，我國投入奈米研究的腳步雖然較晚，但近年來政府則以國家型奈米計畫投入科技競賽急起直追，希望在五年內成為世界奈米研究的前導國家之一。如今，奈米科技已成為大家耳熟能詳的熱門名詞，隨著可觀研究經費而來的是龐大的商機與廣泛的運用，根據估計，全球奈米產品市場在 2015 年將高的 2 兆美元，而台灣也投入六年約 240 億的研發經費，預計到 2010 年可達到上兆台幣的產值¹。

台灣的產業發展一向均遵循著所謂「發展型國家」的模式所進行，在發展型國家的模式中，政府佔有相當重要的地位，必須有能力進行決策以及執行既定政策。在政府的官僚體制中，國家要有一定程度的自主性，以規劃政策並執行，也因此，發展國家的模式多出現在後權威主義的政治體制中，政府為強勢地介入與發展相關的議題，勢必犧牲公民社會的參與；但另一方面，政府與私人資本保持相當程度的合作，亦即 Peter Evans 所提出的「鑲嵌自主性」(embedded autonomy) 概念，強調發展型國家中，公、私部門的合作，雖然強調國家自主性的重要，但透過特殊的制度性安排，使得自主性及私部門兩者間達到巧妙的平衡，例如，政府官僚透過協商委員會，將主導的官僚組織及私人資本連結起來，制度化網絡的建立，使得政府官僚能動員私人資本，進行策略性工業投資與執行工業政策。然而，在九零年代起，有論者認為發展型國家已經達到其發展的極限，因此產業的發展論述提出了另一種新的觀點，稱為「國家創新體系」，乃是借用 Michael E. Porter 著作《國家競爭優勢》的論點，藉由 Porter 的鑽石模型，來分析特定國家中能獲取競爭優勢的特定產業。

¹ 此產值為工研院於 2003 年時所預估，當中以半導體產業運用奈米技術衍生的產值最為可觀，各大半導體廠包括：聯電、台積電等都以投入奈米製成的研發(經濟日報，2003,12,11)。

依筆者來看，國家創新體系的發展論點可以說是台灣為因應全球化趨勢，而將發展型國家的論點再加以延伸的應用，在這兩個發展模型中，政府都扮演舉足輕重的角色，尤其發展型國家的論述中，政府往往主宰產業的經費、通路等等資源。因此，本研究將針對發展型國家及國家創新體系這種發展模式進行研究，從最初的半導體產業、到生物科技，延續到當前的奈米產業，研究政府在產業發展中所扮演的角色，而在政府主導的產業發展中，出現了什麼樣的危機及風險；接著，在當前新興的奈米產業中，本研究的主體「奈米國家型計畫」延續此種國家創新體系的發展模式，而在本文中將會分析政府在這個國家型計畫中所扮演的角色，以及未來可能會面對到的難題。

1.2 章節安排



在第二章時，首先將針對文獻進行回顧，收集的資料包括當前的風險治理論述、國家理論、國家風險治理的概念，以及台灣現有進行奈米風險研究的相關著作。在文獻回顧之後，接著我會說明本研究的研究方法與分析架構。

第三章介紹的是行政院奈米國家型計畫，包括計畫本身以及實際執行的奈米國家型科技計畫辦公室。國家型計畫是具跨部會署及跨領域的特性，需要政府引導投入並予以長期性的支持，國家型科技計畫的執行，則由各單位在計畫總主人的協調與管理下分工執行，其運作分為上、中、下游，上游研究一般多由國科會以學術補助方式推動，中游部份則以法人科專或學界科專方式進行，下由有產學合作或業界科專方式辦理；計畫辦公室是計畫執行需要擬定規劃補助計畫，經國科會審查通過後執行。

在第四章，我將提出在奈米科技可能帶來的利益與風險，無論是對國家整體經濟或者競爭力方面。奈米國家型計畫將奈米視為一技術平台，可以運用在眾多不同領域，透過應用奈米技術，可為傳統產業帶來新的機會，對計畫工作小組而

言，奈米國家型科技計畫最終的目的是將奈米的特性轉成實際應用進而產生具體的經濟成效，其利益層面昭然若揭，但在風險層面卻總不受重視，從研發過程中可能產生的職場風險，到商品化後產品對人體或環境的影響，在本章中都會一一指出，也因為這些風險的產生，使得各先進國家在研發奈米技術的同時也考量到相關的風險控管，因此，在第三節的部份，我將會提出目前各國對奈米技術所做出的控管機制。此外，在觀察科技研發的過程中，不論是當前的奈米技術或過去的半導體產業，我們不能說科研的實驗室對風險視若無睹，在實驗、研發過程中，科專人員自認對風險有做到某種程度的控管，並認為這種控管是足夠的，然而，當產品上市或者技術大量被應用時，後續卻接連出現當初意想不到的危險，此時政府就得做出補救措施。筆者認為，造成這種情形的主因是源自於各個學科訓練的不同所造成，對科學家來說，一定程度的風險控管是必須的，但這種程度對外行人或者風險相關者而言是不足的，中間就會出現明顯的落差，而這種落差最後導致健康與環境傷害的結果，可見在學科訓練上是有所不足的，當中風險知識的補強便是本研究想要提醒的。

在指出奈米科技可能的風險之後，接著在第五章我要提出國家在控管上的角色，以及台灣目前在奈米科技風險管理上執行的狀況。科技研發的風險常是隱而不見的，造成的原因包括資訊的不透明、科技理性獨大、以及民眾對相關風險知識的不足；站在政府的立場，在衡量研發與風險控制孰輕孰重時，經常會面臨兩難的局面，一方面，政府理解風險控管的重要，知道民眾對政府的信任可能會因為科技研發的風險控管不足而全面崩盤，但另一方面，考量到國際競爭力與發展趨勢，又必須在技術研發與產業化的領域上投注大量的資金，這一點可以從國家型計畫的經費分佈中看出端倪，相對就剝奪了風險控管的經費，而這樣的狀況不僅發生在台灣，美國也有類似的情形發生。因此，在面對這樣的兩難，政府應該要有什麼樣的應對機制，這是本章要提出的一個重點。本章的另一個重點就是台灣奈米研究與風險治理狀況，透過與相關研究人員、科技專家及行政官員的訪談，

本章試圖指出當中的理念衝突，以及政府在風險治理中的角色輕重。

第六章總結本文，對奈米國家型計畫與其他各國的發展與風險控管的觀察做出解釋與建議。本文並不認為風險控管會限制了科研的發展，反而，透過適當的風險控管，民眾會對政府正在進行中的科研政策的信心度提高，進而強化政府在指導與統治上的正當性，只是，何謂「適當的」風險控管，不同學科訓練的專家有不同的見解。在考量研究者能力與時間、篇幅的限制後，本文並不冀求能對國家型計畫的設計與科學家的學科訓練造成重大的影響，而是希望藉由此研究，能夠提醒相關領域的人士，檢視過去學科訓練中不足或不熟悉的領域，進而拓展跨學科的合作，包括加強科研專家在風險認識上的訓練、資訊如何透明化、透過教育加強民眾對奈米風險的認知。

1.3 研究限制



本研究目前可預見的研究限制主要出現在以下幾點。

首先，在進行深度訪談的過程中，原則上筆者希望能訪問到奈米國家型計畫中的決策者，但實際上是否能收到受訪者的同意尚有一定的難度，因此筆者所採行的解決方法是透過指導教授的引介，以及將受訪者的樣本範圍擴大，希望能解決受訪者同意這方面的問題；而在訪談錄音的部份，基於尊重受訪者的意願，因此某些訪談並沒有將對話內容錄音下來，也因此在引用的部份改採取匿名的方式呈現；再者，雖然訪問過程中所使用的問卷經過筆者設計，但仍有無法得到核心問題的解答這種危機，畢竟官方會有官方一套冠冕堂皇的說詞，而這種說詞在操作層面無法實際進行。

其次，在次級資料分析的部份，本研究搜尋各國相關的奈米風險管制法案與研究，本國目前的相關文獻數量有限，因此多數的文獻資料將來自於歐美等先進國家，但此等外國文獻數量相當多，在文獻的完備程度上可能會有蒐集上的限制，

只能夠盡筆者的能力來使資料盡可能地完備；此外，對各國風險感知的框架進行推論與詮釋時，有可能面臨推論過度跳躍，或是忽略各國文化、政治脈絡而擅行詮釋的可能，因為在進行研究時，研究者畢竟不是身處於各個國家之內，因此對於各國的政治、文化等脈絡尚處於一種”外來者的眼光”之角度，因此在詮釋上可能力有未逮，這點亦是本研究的限制之一。

最後，在解釋國內科研政策的發展與政府在風險治理上的角色時，本研究採取發展型國家的模式來解釋。發展型國家這種框架乃屬於東亞國家特殊的發展脈絡，在適用性上面相對而言就會有較多的限制，在解釋其他發展中的國家時便會有適用上的問題；此外，亦有論者認為，發展型國家的理論已經進入「衰退」的階段，尤其是在全球化的浪潮中，國家機器的領導型角色已經不如以往重要，然而，筆者認為，台灣當前的發展仍然延續著過去發展型國家的脈絡繼續前進，就目前的政經關係而言，我們仍能看到政府在大型科研計畫中扮演著相當重要的角色，不論是在經費的補助上或是科技發展的方向上，因此，筆者所採取的角度是認為，發展型國家這種框架在全球化浪潮中正處於轉型的階段，但這樣的轉型並不代表衰退，同時，這樣的轉型不僅帶給國家新的契機也帶來新的挑戰，這亦是本研究想要呈現的一個面向。

無論如何，本研究強調的是，任何一個國家在發展各國的政策上，不論是科研政策或是經濟發展政策，雖然受到世界其他各國的壓力或影響，但最重要的是各國國內的政治、文化脈絡，本研究秉持這點，相信台灣的科研政策應該要放在台灣的政治、經濟、文化脈絡中進行研究，而研究的成果不僅代表台灣的特色，同時也能夠與其他各國的科研政策進行比較性的研究，在相互比較、參照的過程中，能夠截長補短，進而發展出更好的政策以及更好的未來。

第二章 文獻回顧與研究架構

2.1 文獻回顧

2.1.1 發展型國家理論

發展型國家的概念自二十世紀八零年代起被發明以來，經過不同學者的發展、潤飾，已經成為解釋東亞（指日本、韓國與台灣）六、七零年代經濟奇蹟的重要變項。發展型國家被認為是介於英美市場模式社會主義計劃經濟之間的一種國家介入但採取市場經濟的模式。以 Johnson(1982)²的話來說，就是「計畫－理性」(plan-rational)的型態，國家更有意識地介入市場的運作，而不僅是規劃運作規則而已，國家官僚有意識地將「發展」視為優先，利用其政策工具與能力，將國內的有限資源分配給重點產業部門，以提昇其生產力及競爭能力。

根據王振寰與蘇耀昌(2002)，國家要能購有能力決策和執行既定政策，有幾個重要面向：第一就是國家能力(state capacity)，國家官僚體制一方面要具有能力規劃政策，另方面有效執行這些政策，這必須依賴幾個因素，其一就是國家的自主性(state autonomy)，也就是決策官僚能夠拒斥私人利益的影響，而從國家政體長遠的角度來歸法發展政策，這是因為私人或公司比較是從個別和短期角度看待利益，因此假如他們對國家有重大影響，將使得國家失去自主性，而無法中立地從整體長遠角度設定政策。這樣的發展型國家，在政治體制上通常是威權主義政治體制，國家一方面壓制或以統合主義(corporatism)的利益代理體制，來管理社會組織，特別是勞工團體，國家之所以具有自主性與這樣的威權體制，公民社會受到壓制有密切的關係，也因為這樣的壓制，公會活動幾乎消失，工資因此受到壓抑，有利於工業產品壓低價格在國際市場上競爭，也有利於生產秩序的維持

² Johnson 指出「市場－理性的國家關心的是經濟競爭的形式和程序，但它自己並不關心實質的事務；例如，美國政府有很多與公司大小相關的反托拉斯的管理規則，但是它自己並不關切哪些工業應該存在或不再需要。相反地，發展主義或計畫－理性的國家裏，政府給予工業政策最大的優先，也就是關切國內工業的結構，提升結構以強化國家在國際上的競爭力。工業政策的存在本身隱含了對經濟由策略性的和目的導向的作為。另方面，市場理性的國家機器經常並沒有工業政策」(1982:19-20)

(Deyo,1989)，因此一般而言，東亞經濟體中，市民社會普遍虛弱，國家則相當強勢。

其二，前導型的機構(pilot agency)，這些機構吸引優秀人才從事計畫、導引不同行動者，來促進經濟發展。例如日本的通產省或南韓的經濟企劃院或台灣的經建會等，這樣的經濟官僚體制具有共識地從事以國家利益為優先考量的政策，而較無內在衝突，抑或這些衝突能在形成政策之後一致地執行。其三，這些前導性機構不僅是企劃而已，因為國家政策的一致性，因此需要能有效地協調國家內部各積極不同行動者的利益。

然而，一個具有國家能力的官僚體制，未必是發展導向的，它也可能會是掠奪式的國家，由於具有高度自主性，因此它也可能將國家資源挪進少數官僚的荷包，這就要提到發展主義的第二個面向：國家政策，具有自主性的國家在政策上是與市場原則搭配而非反市場原則的。私有部門比政府更有動機和能力來吸收和過濾資訊，以擴大私人利益，但若缺乏政府介入，只靠私人利益擴張將產生市場失靈；而國家介入過深，則又會產生國家失靈，因此，國家需要以政策引導私人擴張利益和解決市場失靈問題。對此，發展型國家理論認為東亞的成功，在於國家透過出口導向工業化政策引導私人資本進入國際市場從事競爭，而不同於拉丁美洲的進口取代工業化，以補貼和保護來發展工業。

發展型國家理論的第三個主要面向就是國家與私人資本之間的關係。雖然強調國家自主性的重要，但這個自主性主要是在政策制定和有效的執行上，透過特殊的制度安排，也就是公司部門之間的合作來達成。這也就是 Peter Evans(1995)所強調的「鑲嵌自主性」(embedded autonomy)，國家官僚透過協商委員會，將具有主導性的官僚組織與私人資本之間制度化地連結起來。國家官僚的自主性及介入經濟領域，因此與私人資本之間有所隔離(insulate)但非孤立(isolate)(Weiss & Hobson,1995)，國家官僚透過這樣的制度化政策網絡，動員私人資本網策略性工業投資和執行工業政策，Weiss and Hobson 以「管理的互賴」(governed interdependence)

來說明這樣的公司合作與制度化的連結。

2.1.2 台灣產業發展軌跡及政府所扮演之角色

台灣整體產業的發展，可以分為下面幾個階段³：

- (1) 民國 39 年至 49 年，勞力密集輕工業進口替代時期：此時期發展的重點在於以國產品替代進口之消費品，政府採取的重要措施包括民國 43 年的「外國人投資條例」；民國 49 年「十九點財經措施」確定以對外開放為政策基本導向；同一年並公佈的「獎勵投資條例」，以租稅、土地、貸款等優惠來鼓勵私人企業發展。
- (2) 民國 50 年至 59 年，出口擴張時期：此時期的重點在於發展以輕工業產品為主的出口，重要措施包括民國 54 年公佈「加工出口區設置條例」，利用加工出口區吸引外資，並吸引大量農村剩餘勞力；民國 58 年在高雄楠梓及台中潭子設立加工出口區；民國 59 年成立經濟部工業局。
- (3) 民國 60 年至 69 年，中間財工業進口替代時期：此時期的重點在於持續擴張出口，同時開始推動出口擴張所帶動的向後連鎖(backward linkage)效果，也就是發展下游工業所需的上游原料及中間產品，以替代進口品。在這時期，政府不僅成立「工業技術研究院」，在民國 62 年宣佈推動十項建設、民國 66 年宣佈推動十二項建設，且在民國 69 年頒布修正獎勵投資條例，增列投資抵減以刺激民間投資，同時設立新竹科學園區。
- (4) 民國 70 年至 79 年，資本密集、科技導向時期：此時期除了持續發展出口工業、重石化工業外，開始著重高科技工業的發展，包括於民國 73 年推動十四項重要建設，民國 74 年通過生產事業研究發展費用適用

³ 參考：「我國新興高科技產業發展之現況、願景及推動策略」研究計畫期末報告。
<http://www.issp.sinica.edu.tw/chinese/researcher/economic/ypchu/summary1.pdf>

投資抵減辦法。環保署也在民國 76 年成立，輔導既有工廠改善污染。

(5) 民國 80 年至 90 年，產業結構調整，促進產業升級時期：此時期的特色在於國內產業為了因應新台幣升值及工資上漲，而開始做結構性的調整，此外高科技產業的出口亦開始大幅成長。政府的重要措施包括：民國 81 年完成「促進產業升級條例」相關辦法，成立「投資推動小組」；民國 82 年公佈「振興經濟方案」，成立「工業合作指導委員會」，積極推動新興工業的發展；民國 84 年實施「發展台灣成為亞太製造中心推動計畫」，成立經濟部資訊工業、精密機械工業、生物技術與製藥工業三個重點產業推動小組。

台灣在經濟發展的過程中，具有三個主軸：威權主義統治、國家領導經濟發展、出口導向的工業。國民黨自大陸退守台灣後，政黨機器透過各種機制將統治深入到社會的各個層面，監控社會組織的運作，也使得當時的社會情勢相對穩定。而在經濟發展方面，國民黨政府在五零年代開始正式經濟發展的重要性，除了政權的合法性基礎維持之外，當時有能力的財經官僚也提供相當大的貢獻，制定了開放台灣市場、經濟改革等多項政策。當時台灣的經濟策略是以進口取代工業化，選擇紡織、水泥等產業作為重點發展工業，並鼓勵與扶植私人投資，也在同一時期開始鼓勵出口，但效果不彰；六零年代開始，國民黨政府採取出口導向工業化，並成立加工出口區，透過外匯改革、獎勵投資條例等政策，促進外銷，獎勵並鼓勵儲蓄，以及引導私人企業發展。一般而言，台灣誘導私人產業發展的策略有三：鼓勵投資、保護本地市場、促進出口，透過租稅減免或降低生產成本等方式來扶植與引導私人投資；保護本地市場方面，則是利用管制進口、關稅方式來限制外地產品的輸入，同時鼓勵本地工業的生產；在鼓勵出口方面，包括了出口退稅、外銷低利貸款等方式，當中外銷低利貸款的方式，使得廠商能以低於同期銀行利率的利息，貸得出口所需的融資，這也是一種變相補貼的方式。

從上文得知，台灣的產業發展歷程中，政府的官僚體制扮演相當重要的角色。

時至今日，政府仍在創新產業中佔有一席之地，例如，行政院開發基金審核通過九十億元成立三種「生技創業種子基金」，用以推動國內生技業的發展，近期內尚要推動大型基金參與，建構台灣成為亞太地區最活躍的生技重鎮；行政院國科會也已編列超過三百億的經費，用以研發奈米技術及晶片系統科技，計畫在三至六年內，使台灣成為奈米科技產業的領導者和晶片系統設計中心，因此，台灣創新產業的發展某種程度仍延續發展型國家的脈絡繼續前進中。

2.1.3 實證主義、科學、科技與不確定性

2.1.3.1 實證主義與科學

對於實證主義而言，自然科學的研究方法和社會科學研究方法之間沒有本質上的差異，自然科學通常被視為是所有科學的典範，只有自然科學才能界定知識的意義。科學是對外在世界現實的研究，這些客觀存在的現實能夠被還原為可觀察的單元或自然現象，對實證主義來說，任何的現象都可被還原為原子單位，所觀察到的科學真理與現實的本質之間存在對應的關係，在面對自然現實時能保持客觀化的態度，也就是說，把自然視為一種外在於科學的客觀存在，同時又能夠被中立地觀察。研究的程序就是從觀察開始，然後進行檢驗，科學家透過實驗來發現客觀存在，從假設中發現能夠被用來預測將來可能性的普遍法則，換句話說，實證主義追求的法則是一種具有解釋、推測能力的因果關係。此外，科學並不對它的研究對象進行價值判斷，它是獨立於社會與道德價值的中立活動，因此實證主義者堅持事實與價值的二元論，認為價值不能由事實推論得出，實證主義者試圖尋求科學真理，而真理又是外於道德與個人主觀因素的，因此真理可被視為是一種可驗證的、解釋性的陳述，也就是因為這種可驗證性，科學知識便不同於其它類型的人類知識，它可說是一種普遍真理。

當代人們對科學如此迷信近乎狂熱的前因，可追溯至文藝復興時代的科學主義思潮，如果簡單定義科學主義，就是指一種把科學局部的知識理論視為人類全

部的知識理論，把科學有限的研究範圍視為唯一視角，把科學的相對真理視為絕對真理，並傲慢地認為科學以外的其他學問和領域都沒有研究的必要，把科學視為解決人類一切問題的萬能靈丹這種錯誤的傾向。然而，真如科學主義所想的這樣嗎？我們現在所提到的科學實際上是指「實證主義科學」，一切科學結論都是以實驗與觀察的數據作為依據，以體現其客觀性。這是科學的優點所在，但同時也是它的局限性，因為按照科學實證的觀點，只有能用人的五官感覺得到或者是儀器觀測得到的東西才是可信的、可被研究的，那些無法提出確切證據的、不可被立即觀測的，便被科學實證主義認定為「不科學」。

一項科學成果要被公認，必須是其他人在同樣的情況下均能重複實驗結果的才能被公認，然而，世界上有太多曾經發生的事情都無法被重演，科學很難甚至不能研究它們，但並不能因此就說其缺乏科學性，且當研究者改變某些實驗條件時，被研究的物件必須能做出相應的反應，研究者才能得出相關的實驗數據與結論，然而世界上也有很多東西不受實驗者所掌握的條件所控制，不做出相應的反應時，科學就對它無能為力。科學研究的結論並非絕對真理，它們必然受到研究者思維水平、道德水平及世界觀所影響，由於受個人名譽地位及金錢的牽絆，科學界做假的事件時有所聞，中外科學家均不能倖免，近期最廣為人知的當屬南韓幹細胞研究與複製醫學權威黃禹錫的研究造假事件，這樁醜聞不僅令黃禹錫一敗塗地，更重創南韓科學界的國際形象，南韓政府長期大力支持黃禹錫的研究，自1998年以來投注了約台幣十三億的研究經費，政府最後無從追討這筆鉅額研究經費，但之後便終止資助黃禹錫的研究計畫，並撤銷其「最高科學家」榮銜⁴。

⁴ 黃禹錫的研究團隊於2005年六月刊登在Science的論文中聲稱，他們運用11名病患的體細胞與外界捐贈的卵子，利用複製技術培養出胚胎並取得幹細胞，但稍後此篇論文的共同作者、首爾MizMedi婦科醫院盧聖一指出，這11株幹細胞中有9株並不存在，其相關研究資料也純屬虛構，首爾國立大學隨即組成九人委員會展開調查。委員之一的首爾國立大學研究處長盧貞惠表示，11株幹細胞中只有兩株較可信，另兩株完全沒有研究紀錄，另四株早在當年一月就因遭真菌污染而毀掉，最後三株在論文提交時，尚無法確認是否為幹細胞，然黃禹錫等人卻將兩株幹細胞的資料擴張為11株並發表在論文中。此外，調查小組提到研究所使用的卵子數量遠多於Science論文中的數量，論文稱利用18名婦女捐獻的185個卵子，複製出31個囊胚期胚胎，進一步成功培育出11個複製幹細胞，成功率為6%，是之前培育胚胎幹細胞成功率的15倍，當時科學界高度讚賞黃禹錫等人的研究成果，但盧貞惠表示，研究實際使用卵子的數量遠多於在Science論文中所提到的數量。

從上面這個例子可以發現，對於科學的實證主義相信科學所描述的乃是獨立於研究者之外的客觀事實，並且相信站在事實對立面的研究者能夠以明晰的思維或透徹的感官知覺來正確地以具邏輯性概念或理論來指涉的看法，人們已經不再這麼篤信不疑，科學家也是日常生活中的一份子，深受生活世界的語言、傳統的建構，也因此科學家的思維、感官和所建立的科學概念與理論，勢必也深受生活世界的語言、傳統所影響，創造出的知識是有社群歷史特定性與有限性的，並非超越時空且放諸四海皆準，換言之，科學是有限度的，以這種有限度的科學知識來建立客觀化與普遍化的實證科學是不可能且粗暴的。

當代科學技術的日新月異發展，新世紀更可預期科學技術將更快速發，提供了百年前、數十年前人們難以想像的世界變革，提供開拓世界的嶄新手段與無窮能力，深深影響人類生活與人類命運等各個方面，也使得人們對科技發展的人文思考更加關注，進而對科學技術的研究有了新的意義。在二十世紀時，已有論者提出警訊，人在自然界中生存條件的許多方面，以及人與自然和諧協調的許多方面，都有走向惡化的危險，因此，人與自然界關係的反思，成為新世紀對科技發展的人文思考的一大主軸。從人與自然關係的歷史來看，人對自然的認識越來越發展、工業越來越發展，人對自然的主動地位也越來越發展，這是人類進步的過程。工業發展起來後，人在自然面前，主導的能力越來越強，然而，當人憑藉科技與工業力量急遽地改變著自然的時候，也引發一連串的問題，包括：環境污染、生態破壞、資源枯竭、食物匱乏與人口爆炸等問題，當這些問題日益顯現與尖銳起來時，人對科技和工業發展就不能不進行反思，這種反思，世人對自然的認識的一種新的前進，關鍵在於如何對待科技發展與工業文明的負面效應。

2.1.3.2 科學、科技與不確定性

人類探索科學的原始動機，不外乎對自然的懷疑以及探索自然好奇心的驅使。歷經數次產業革命後，社會結構與人類思考都有極大的變化，原本的探究自然之好奇心，逐漸演變為改進人類種種生活的實用科技，根據 Betz(1997)對科學與

科技所立下不同的定義，科學是發現與瞭解自然，但不包含人類運用的目的；科技則是人類為運用自然資源之知識，也就是說，科學對人類生活進步的影響是間接的，必須經由科技才能轉為實用的工具。科學與科技是同步發展且相互關聯，科學的儀器為新科技的裝置，知識與技術相互影響，從科學經由工程轉換成科技，科學、工程與科技之間的過程並非完全獨立，而是有所重疊的，無法直接切割成單一區塊，也因此，科學與科技已經無法有效的界定，並需藉由彼此的相互進步才能帶動兩者的創新。

孔恩在「科學革命的結構」書中告訴我們什麼是科學思想的準則(Kuhn1994)，科學思考如何能做出最正確的判斷，如何避免被典範所束縛，面對異常的資料要重新思考典範的正確性，面對異常能夠以正確態度處理危機，如此才有機會修改典範、或產生截然不同的新典範，透過科學的革命改變目前科學家的思考方式，經由不同學派的論爭以促使新典範的產生。當今的科學發展正面臨這種典範的轉移，由於現代的科學發展不如早期單純追求真理而為，近年的發展使科學受意識形態影響而偏離原始初衷，如權力的政治力介入、財務來源的補助、研究題目選擇等方面已逐漸影響現階段科學發展，例如，國科會計畫的申請以主持人發表 SCI 為參考數據，或者研究題目的選擇以國家發展的重點計畫為優先，類似的議題將深深影響科學的發展，畢竟 SCI 不是唯一的路，科學的基礎創新也不是靠重點發展所能決定的。

人類越深入工業文明，對科技的倚賴也越深，今日生活在工業社會的人們，食衣住行無不仰賴各式各樣的科技產品。目前新產品的銷售策略，皆以快速搶先的方式上市，忽略之前詳細的測試，新科技往往要經過好幾代產品的改良後才能得到可靠的產品，新科技的風險來源，包括顧客需求的不確定性、性能和價格的平衡、以及顧客對產品功能用途不瞭解。在顧客需求的不確定方面，設計人員考量顧客不同需求，使科技變成複雜化，增加產品的不確定與風險；性能與價格的平衡方面，新科技產品價格相對較高，促使廠商將新科技植入新產品以提高產品

價格，並將未經完整測試新科技植入新產品，使顧客產生危害；產品功能日益複雜，若廠商未能詳盡標示說明，或顧客未依正常使用方式，則將造成科技的誤用。即便某些科技工業將帶給人類危害，但多數人並不想放棄科技，人與科技的關係存在著某種程度的複雜情節，一方面倚賴另一方面卻戒慎恐懼。

科學與科技雖然能帶給人類幸福，可是在科學的發展過程中，由於科學家容易接受現有典範，對科學本質產生迷失，即使面對異常資料也不能以危機方式對待，偏離追求科學的好奇心。人類在追求新科技的同時，在缺乏詳細測是的新科技產品搶先上市，使人類可享受高科技的產品，卻同時也要承擔高科技產品不確定性與高風險，科技源自於人性，人性的貪婪運用在自然界，將導致人類遭遇極大的傷害。



2.1.4 風險感知

風險社會是德國社會學家 Ulrich Beck 所提出，他建立了「反身性的現代」的說法(Beck, 汪皓譯, 2004)，一方面堅持現代性的基本說法，另一方面對於現代性的表現形式提出深刻的反省。對 Beck 而言，當代社會之所以被稱為風險社會，不僅因為當代社會面臨種種嚴重的風險，更因為今天社會組織形式是按照風險分配和生產的邏輯，風險社會中的關鍵在於風險如何被分配。當代社會的主要風險來自於科學技術的應用，科學技術發展隨之而來是風險的增高，而這種風險不是個人的，而是全球的、結構性的現象，風險不再僅限於產生風險的地方，因全球化，風險的擴散速度加快，會讓原本毫不相關的人深受痛苦，例如：車諾比核能事故、恐怖主義、溫室效應等等；更令人不安的地方是，由於風險過於複雜、不確定因素太多，一般的科學計算方法對風險評估而言，是無能為力的。因此，Beck 歸結出六種當前風險與過去自然風險的差異點：①它們是人類知覺系統感覺不到的，風險的嚴重程度遠離了預警檢測和事後處理的能力；②它們能夠全球散播，甚至傳給下一代，並且不分貧富差距；③過去的受害者補償、風險計算在當今無法操

作，導致保險失靈；④災難性事件所發生的結果多樣化，且無法排除；⑤今日的風險是昨日的理性決策，風險是內生的，它伴隨著人類的決策與行為，是各種社會制度、技術與應用科學等運行的共同結果；⑥風險存在，成為現代社會的基本特徵，也成為後工業社會的內在特質。

Beck 認為，在考量風險時，科學與工業的問題再度成為倫理、民主討論的對象，因為科學在評估風險問題上的內在局限性，使得風險評估永遠無法排除倫理、政治、經濟與文化的考量，這使得理性擺脫了科學的壟斷，也使得科學與民主之間的關係更加複雜且深入。從啟蒙時代、工業革命以來，科學逐漸在知識學科獲得壟斷的地位，科學的規則被當作是天經地義的，任何的問題或過失，都是因為科學不夠發達所致，因此，人們總是夢想著科學發達普及之後的理想狀態，在這種氛圍中，”進步”成為現代社會中不可侵犯、不可批判的概念，科學技術與技術應用所產生的一切負面影響，都被定義為伴隨而生且可被接受的「副作用」，科學也就成為政治和倫理批判範圍之外的獨立王國。

相對於傳統社會而言，現代社會因其時空分離、脫域機制及制度性的反思，使得現代社會的信任關係轉變為對公共行動的依賴，對專家系統的依賴甚至成為人類認知的統一基礎，風險加重個人對專家或權威的依賴，但這種依賴同時也孕育出新的風險。功能的高度分化，導致公眾對專家系統間訊息的不對稱，因此，公眾對專家系統或公共權威的信任是一方”依賴”另一方的非平等信任關係，就其性質而言，這實際是建立在對”知識基礎”的模糊不清與片面理解之上，公眾對專家系統和公共權威的信任，實際上表明了公眾對相關知識與訊息的短缺。被依賴的那一方處於主動的地位，掌握著訊息與資源，而依賴的那一方則處於被動的地位，無法控制對方是否會”背叛”他們，這種依賴式的信任關係中，產生的危機對社會運行基礎的破壞力是非常巨大的，會導致社會關係緊張、引發群體性的衝突，使得組織與個人都將為此付出相當大的代價。專家系統在社會信任體系中的重要作用具有正反兩方面的意義，科學完善的、有權威的專家系統有利於維繫和鞏固現有

的社會信任體系，另一方面，如果專家系統本身出現問題，社會信任體系的脆弱性將大大增強，信任危機出現的可能性就會增大。Beck 的「第二現代」概念中，信任體系在風險社會內便遭遇到信任的危機，而這樣的信任危機乃肇因於專家系統的失誤，使得公眾對於專家系統所產出的評估、資料不再具有絕對的信心。

風險社會中對科學和技術的批判，並非來自批評者的非理性，而是由於科技理性在面對文明的風險和威脅不斷增長時，其本身不斷失敗所引發出的批判。這種失敗並不是偶然的無能或缺陷，而是制度性的，因為，科學總是首先關注生產力，對風險總是延後考量，生產力的提高足以為科學提供合法性的支持，而產生的所有負面影響被認為是與科學無關，僅是不當使用所造成，或是必須付出的代價而已。然而今日，當代科學不僅不能解決風險問題，甚至不斷生產問題，因為治理的費用日益升高，在這種情形下，自然與社會之間的人為對立必須要被取消，自然不能被放在社會之外獨立地考量，也就是說，科學應要將自身視為被反思批判的對象，或說，科學也要成為社會理性批判的對象。隨著科學在現代社會的應用，科學技術系統產生的風險與不確定性擴散到科學之外的社會領域，政治、商業、公共領域及公眾便與科學技術的應用者，一同參與對知識的界定，這種模式也開啓了科學成果在生產和應用中新的影響及發展的可能性。按照 Beck 的觀點，風險社會是一個自我學習的社會，以風險作為社會批判的基本參照點和前提，科學研究不再是獨立封閉的領域，它應該接受那些反饋及有關威脅與風險的報告，這些報告對科學運作提出挑戰，促進科學工作再組織，也使得科學研究領域成為民主政治原則發揮作用的領域。

2.1.5 創新與高科技風險

由於污染和風險，不像收入和教育那樣可以直接感知，它要依賴於科學的感知來確定，這樣受影響者的命運就交給了專家來決定，面對風險，現代社會中的普通人是無助的，因為在確定風險的過程上具有知識依賴性與不可見性，也正因

如此，科學與工業再度成為倫理、民主討論的對象，因為科學本身在評估風險問題上的內在局限性，風險評估永遠無法排除倫理、政治、經濟、文化的考量，使的理性擺脫科學的壟斷，也使得科學與民主之間關係的討論更為深入、複雜。

工業社會中佔有統治地位的科學，其權威地位來自於傳統與現代、普通人與專家的對立中，按照這種科學理念，人們遭受到的疾病、危機與災難，都是來自於野蠻的、不可理喻的自然，以及頑固保守的傳統所束縛，所有的問題與過失，都是因為科學還不夠發達所致，只有科學的力量尚未到達的領域中才會隱藏著風險，若科學夠發達，知識將會驅散一切災難，也因此，人們總是想像科學真正發達與普及之後的理想美好狀態。獨斷的科學在風險問題上常表現出無能為力，這不是因為在堅持科學精神上有所不足，相反地，越是堅持所謂科學的嚴謹性，對於風險的確定就越是困難，在複雜的運作網絡中，越是將風險界定為嚴格的因果聯繫，風險就越難以確定，這是風險本身的內在屬性所決定的，因此，科學並不能為公眾提供恰當的風險評估。

根據 Robin Williams 教授於 2007 年六月”第四次科技哲學前沿問題系列研討會”中的發表指出，當我們考察基因農作物等技術，可以發現新興的科技風險及其評估具有複雜性、不確定性，因此很難掌握，公眾對現有管理體制的信任受到損害，定量分析、聚焦於健康環境風險這種傳統的風險管理制度受到質疑，在這情形下，需要研究新的風險管理體制與政策框架，必須關注更多的利益相關者，包括外行人，並將其對風險的關注擴展到倫理、法律等社會面向，這種新的風險管理模式理論上體現了 STS(science and technology studies)在公平與負責任的風險控制批判，但它並不能完全解決新興科技風險管理中的問題，諸如處理風險認知/接受問題、怎樣處理在技術層面上廣泛的社會化與倫理問題等，在這個方面，Williams 認為需要進一步的考察。Williams 同時以奈米技術的風險管理機制為例，指出，新的風險管理制度所倡導的”參與”在處理技術風險問題時仍有不足，沒有證據顯示廣泛的公眾對話能達成對新技術風險的一致性看法，公眾參與風險管理只能引起公

眾對技術的不同回應。按照 Collingridge 的看法(又稱 Collingridge dilemma)(1980)，在一項新技術發展的初期階段，關於它的好壞的結果的知識都是有限的，因此很難得到來自公眾的干涉和控制，之後，我們有了更多關於此技術的成本與收益等知識，但這項技術已經牢固樹立起它的地位，若要進行更動需要付出高昂的代價，因此在技術發展之初便應進行源頭處理，但 Williams 認為，多年的科技研究表明，創新路徑與結果具有不可遇見性，使得從源頭處理這點變得非常困難，在實行上有一定程度的不可行，因此我們需要更好的分析工具來預測未來的風險同時指導風險管理，在這裡，社會學習便是反思技術發展與創新過程中所必須的，對技術進行社會研究或許能幫助我們促進或駕馭奈米技術的發展。

Brain Wynne 在 2002 年來台的演講中提到新科技造成的社會爭議，他對英國核電廠與核廢料再處理場所引發的環保爭議與民眾抗爭做過深入的研究。Wynne 指出，當核電專家談到核能風險時，往往只考量單一核電廠發生意外的機率，卻忽略了支持核電廠運作的整個網絡所帶來的風險，例如核燃料生產與運輸的風險、核廢料儲存與再處理的風險，甚至開採鈾礦時工人面臨的風險等，都沒有列入計算，當然，許多與社會文化相關的人為因素也沒有包括在內。目前科技界慣用的風險評估，是以傳統的統計式的「代價 \times 發生機率 = 風險」這種計算方式，相當化約且數字掛帥，但這種數字化的風險評估並沒有把不同科技的風險在性質上的巨大差異列入考量，於是，代價很低但機率很高的風險與代價很高但發生機率很低的風險，在這種計算模式下就毫無差別(李尚仁，2002)。創新科技所帶來的風險與傳統的機械故障等日常生活常見的風險不同，專家經常將兩者類比，不只難以說服民眾，反而會讓民眾覺得這些專家與官僚的態度傲慢、言詞誇張且不可信任。

總結來說，隨著科學現代社會的應用，科學技術系統產生的風險和不確定性擴散到科學以外的社會領域上，政治、商業、和公共領域中受到科學後果影響的公眾就與科學技術以起，共同參與對知識的界定，Beck 將這個新發展稱為「反思

性的科學」，這種新發展一方面包含了將社會實踐從科學的壟斷中解放出來的可能，但另一方面也可能使得相抗衡的意識形態與利益立場可能重新得勢，使得科學知識成為經濟政治利益的僕從，這裡就更需要對科學技術進行反思，需要民主和政治批判。

2.1.6 科技官僚與政策間的關連

當代社會系統高度分化，在系統自主的原則下，各個系統理性相互競爭、對抗，一方面形成多元競爭的局面，但另一方面，高度複雜的專業分化也導致不可透視性、不可理解性，人們因此失去對生存世界的掌控感。具體而言，貝克(Beck,1993)指出，在當代社會由於資本主義高度發展，在現代化的前提下，政治、經濟結合為龐大的支配體制，滲透到各個社會領域，尤其透過科技官僚的專業支配，奴化並異化與人類現代生活息息相關的科技發展。在另一個面向上，喪失社會理性共識的科技，對人類社會生活也產生了威脅與影響。其一，科技官僚在代議政治運作下的無能與推諉，使得人們對日益複雜的科技事務喪失信賴感與安全感；其二，當代高科技的發展已超出人類可控制的能力範圍，同時，它具有低機率、高風險的效果，一旦發生事故，對人類的影響超乎預期。例如，三哩島與車諾比核能災變，以及目前頗受爭議的基因科技。Perrow(1988)描述當代高科技事故的機率為常態的現象，相當程度地反映了人類生存的無奈與恐懼。因此，在這種風險的生存狀態，人們回過頭來質疑現代社會賴以為基礎的法治制度、政治代議制度，並企圖奪回科技官僚主導政策及詮釋的霸權。Giddens(1990,1991)指出，人類在當代風險社會狀態下失去了其「本體上的安全感」，因為人們已經滑落了其對現代制度的信賴，從而在懷疑與恐慌中產生對現代生活的一種陌生的命運感，面對這種存有於現代社會的焦慮感與陌生感，迫使人們必須重新去尋求自我認同與詮釋的意義。這裡特別要指出，在當代風險社會中，人們自我反省的行動策略並非容易，因為它迫使每個人必須在繁複、異質的社會現象中真實面對自我的決定，

並且要尋找一個安身立命的場所，表面上人們雖然日益自由，但也日益面對風險，對於這個透過自我反省和決定行動策略的過程，Giddens 稱為「生活政治」(Life politic)，生活政治意味著人們不能再坐以待斃，而是經由日常生活對公共事務的實踐與參與來進行學習、掌握並實現自我，建構自我對社會的認同，它是一種生存策略，用來對抗當代社會環境高度的緊張與焦慮感。

在日益複雜的風險管理與事務上，運用專家知識來提供政策決策基礎已經成為現代社會的特色之一，在面對許多工業、科技爭議上，科技官僚必須同時面對保護社會大眾健康、生態風險考量、與經濟社會成本效益等問題，在這中間取得平衡，對技術官僚而言這是相當具挑戰性且困難的抉擇，因為上述的幾個價值觀與利益本身是相互衝突的，就內涵而言是高度複雜且敏感的問題，在決策、衡量方面並沒有一定的標準可循，一旦做出決議，又必須受到公眾等相關與非相關利益人士的檢視與監督。在這種情形之下，政府最常採行的方式便是在認為科學知識為「中立」的前提下，透過科學諮詢委員會來發展以科學為基礎的政治決策，同時避免社會多元觀點、利益的挑戰，宣稱政府的決策具有科學性與客觀中立性。

根據周桂田(2007)的分析：「……。事實上，這樣的決策思維與邏輯面臨了『科學性』的檢驗，首先，在科學評估的層次上，由於科學事務在評估的過程中往往涉及不同的價值或評估假設，因此，所謂依據嚴格科學標準或準則評估出的參數或證據，是根據一套假設範圍或一定的價值取捨而形成，因此，以所謂嚴格科學理性為名所宣稱的專家知識之客觀性，往往是在一定的價值框架中所發展出來，不論此框架是鑲嵌在主流的科學典範或社會價值上」。技術官僚在決策之前的風險評估，宣稱結合了專業與專家的知識，但所擷取的、處理的僅是在科學專業上所能量化評估的項目與內容，排除了不確定或不熟悉的模糊地帶；另一方面，風險評估的執行經常以政策為導向，受到政策的影響，風險評估因而面臨被操弄的可能，以達成特定的目的、利益或價值。在科學諮詢委員會的部份，這種專家諮詢委員會一向以專業、科學導向為主，在風險評估上被認定為重要的資訊來源與參

考基礎，當被評估的議題越來越複雜、涉及越廣泛的領域時，委員會本身就必須擴大其組織，納入更多的相關人員，但選擇參與成員上仍是以科學專業為主，這種諮詢過程缺乏公開性、透明性，引起專家知識壟斷的問題，此時若決策出現差錯，公眾對政府治理能力的信任便會嚴重降低。

2.1.7 台灣在奈米風險上的研究成果

鑑於國外研究中指出奈米可能產生的風險，國內現有少數學者針對奈米微粒的特性及其可能產生的風險進行研究。科技風險研究在台灣學界尚屬於新興的領域，過去主要針對工程對人體健康造成的危害、生物科技對人體健康及人權的影響為主要的研究範圍，而對風險領域有所關注的學者組成 STS(Science, Technology, and Society)社群，研究科技所引發的社會、文化變遷等核心公共議題，基本上，國內對於這各議題關切的學者所在多有，但受限於傳統的學科劃分，多半分散於各個工作領域或各不同學門。

因為奈米科技應用的範圍很廣，當中包括了生物醫學界、工程界、乃至資訊界等，在這些不同學門中也出現一些對奈米風險有所關懷的學者，例如：台大職業醫學與工業衛生研究所的鄭尊仁教授及林宜平教授針對奈米相關風險進行許多研究，包括，「微粒空氣污染物心血管毒性研究－以心血管疾病動物模式為例」(環保署民國 94 年計畫)等，相關著作有，奈米科技的健康風險管理(台灣衛誌 2006;25:169-76)、奈米微粒與健康風險(科儀新知 2007;28(5):10-14)等。另外環保署亦在 2005 年委託中山大學環工所進行一項名為「奈米科技發展國際主要環境議題研析及因應」的報告⁵，內容包括命名、毒理學研究資訊交換、奈米科技的環境效益及風險評估的方法。然而，與奈米科技風險相關的研究，最多的要算是相關的法律問題的研究，從奈米潛在的毒性研究出發，討論國內風險管理及法規制定的可能性，相關的研究者及著作包括：奈米科技風險管理與各國因應對策(劉瑄儀，

⁵ 此份報告可參考環保署網站：<http://epr.epa.gov.tw/query/KO1040000.aspx?DocNo=99978668>

科技發展政策報導 2007;11:52-62)、先進國家協助企業從事奈米科技研發之法制政策探討(陳郁庭，科技法律透析 2007;19(7):2-10、2007;19(8):2-8)、民主的奈米科技：奈米政策與奈米對話(劉憶成，科技法律透析 2005;17(12):40-61)等。

最後，針對行政院奈米國家型計畫所執行的相關子計畫方面，首先在這裡必須提出，這個國家型計畫是由許多不同部會共同參與，因此四大分項計畫便由十個主管機關共同執行。根據資料顯示，當中與奈米風險有直接性相關的計畫，在國家型計劃執行的六年來共只有八個，分別是：①「奈米碳球作業環境之暴露危害評估與控制」(由成大工業衛生科技環境醫學研究所蔡朋枝教授執行)、②「奈米粒子之體內動物學及安全性評估」(由衛生署環境衛生與職業醫學研究組林嬪嬪研究員執行)、③「前瞻奈米科技相關環境議題研究」(由工業技術研究院執行)、④「大氣中奈米微粒濃度監測與成分分析」(由清大生醫工程與環境科學系執行)、⑤「微陣列分析奈米顆粒作為生物材料的毒理基因體學研究」(由奈米醫學研究中心楊重熙主任主持)、⑥「建立活體動物暴露在奈米物質下器官毒性效應機轉之監測平台」(由國衛院奈米中心執行)、⑦「產業環境與安全衛生應用技術發展計畫」(由工研院執行)以及⑧「建構環境友善奈米科技之知識平台」(由台灣檢驗科技股份有限公司執行)，其他則是與奈米技術研發、應用相關的子計畫。

2.2 研究架構分析

本研究的研究主體為「奈米國家型計畫」，研究政府在奈米國家型計畫中所扮演的角色以及利與弊。

從前上一節所引述的文獻中，筆者在此可以描繪出國內在發展科技的整個圖像。發展型國家的理論強調國家在產業發展中的角色，因此會有「國家型計畫」的出現，計畫主要的概念在於利用並整合國家資源以推展政府強調的重點產業，諸如：基因體國家型計畫、數位典藏國家型計畫及本文的奈米國家型計畫等；不

論是國家型計畫本身或者過去的任何創新科技的發展，其目的都是強調如何強化國家的競爭力及生產力，運用科技以生產更多、速度更快、更新，當新興科技不斷被研發出來，並商業化利用後，隨著利益而來的風險也跟著加劇，人類與自然、科技的關係在此也有所轉變，人們藉著科技而對於自然的控制能力越來越強，開始可以控制生物的產量、靈活地操縱各類物質、甚至能夠違背自然定律而複製各類型生物，在此我們並不否認科技對人們造成的正面影響，但伴隨而來的危害程度之大甚至可以將這些正面影響推翻。本研究的概念便認為，如何在發展科技的同時給予「有限度的自由」，這個限度就是本文所提出的風險治理概念，如何將創新科技可能帶來的危害降低，就必須仰賴風險治理制度，這裡的風險治理牽涉的層面不僅是科學研究專家本身的倫理，也包括了國家的角色，既然國家扮演給予資金扶助的角色，風險治理議題也應該是國家應該承擔的責任之一，國家的合法性權力取決於人民對政府的信任，從這觀點切入也更能說明國家在風險治理中應有更吃重的角色。因此，政府在決策方面便不能單一面向地從科學專家處獲得相關的訊息，一方面科研專家在學科訓練上有其限制，另一方面，根據風險感知的理論，人民是直接必須承擔風險的風險承擔者，不論其所處地區、種族等條件，尤其透過全球化的傳遞，風險遍布全球的情形只會越來越嚴重，科技官僚所做的決定影響的不再是單一國家的人民，經濟全球化會使得第三世界的國家也同樣受到美國或英國的決策影響。反觀奈米科技，各項報導指出奈米科技潛在的利益及風險，是一個非常適合的研究主體，也因此本文便以我國發展中的「奈米國家型計畫」為主。

在研究架構的部份，本研究以八零年代的半導體產業及九零年代的生物科技產業當作歷史背景資料，用以說明政府在過去二、三十年來的產業發展模式，利用這些資料同時可以說明發展型政府的產業發展特性，而在這些背景資料之中，同時也能發現政府在主導產業發展時的特色以及所產生的風險；而在奈米國家型計畫本身，本研究分析政府在裡面扮演的角色，包括資金的來源、組織架構及成

員、以及該計畫所聘請的專家諮詢顧問，進行這項分析的目的除了要了解政府的角色外，更是要了解奈米國家型計畫與過去的產業發展有什麼異同之處，藉此能夠說明台灣產業的發展模式是否有所變革；接下來，本研究將分析奈米國家型計畫的成果以及可能面對的風險，在這個部份本研究將會參照過去的產業發展模式進行預測，同時也會指出這些風險的來源以及對社會可能造成的影响；在本研究的第四個部份將會進行跨國性的比較，由於奈米產業為世界先進國家致力發展的目標，而各個國家有不同的發展典範，不論是美、日、歐等國家或是東亞各國，本研究希望藉由跨國性的比較，比較發展的現況、風險治理的模式，來說明當今台灣奈米產業發展的缺失，也希望借用他國的例子來指出一個較好、較負責的發展模型；當跨國性的比較結果出來時，本研究希望在最後一個部份說明，面對當前可預知的風險時，政府及公民社會應該有什麼樣的應對態度。

2.3 研究方法



本研究將採取質性研究方法中的深度訪談與次級資料分析兩種方式進行。

在深度訪談的部份，Bainbridge 指出(1989)，標準的深度訪談可從觀察中獲得一些資料，同時，受訪者在熟悉的環境中比較輕鬆，而能有較深入的回答；其次，由於深度訪談一次只專注一個主題且採取開放式的問卷，較能針對問題收集全方位且徹底的資訊。深度訪談也可以了解受訪者的思維過程，特別是較為敏感或細膩的心理變化，在訪談中，研究者可請受訪者立即澄清和追問行為背後的意義。訪談的優點還包括可以在短期間內收集到大量的資料，若與觀察結合，訪談可以讓研究者更為了解人們對於其活動所賦予的意義。深度訪談的好處是能收集多元化的聲音，除內容豐富是量化資料所不能及之外，使用受訪者話語所描述的現象相當生動且具體，可以讓閱讀者深切感受到回答者的感覺與思考。基本而言，在深度訪談中，受訪者是主體，研究者尊重受訪者的觀念，訪談的目的也在於了

解受訪者的思考，重視他們的感覺，尊重他們對行為的詮釋，在此種會談中，受訪者被視為有個人思考的主體，研究者就是要嘗試進入他們的觀點，藉由面對面語言的交換，引發對方提供資料或表達他對某項事物的意見與想法，了解他們的主觀經驗。因此，本研究預計訪問的對象包含官、學兩方面(請參考附註一、二)，在官方部份，由於本研究的主要研究主題為奈米國家型計畫，且研究目的是希望能分析政府在這裡的角色，因此在深度訪談中，希望能訪問相關的決策人士，進而希望能釐清政府在進行奈米產業相關的研發決策時所利用的觀點以及利益考量。從奈米國家型計畫的計劃架構中，筆者發現該計畫所涉及的政府單位範圍相當廣闊，包括了原能會、經濟部、國科會、教育部、環保署、衛生署、勞委會及中研院，在這些部會中，與奈米產業的危險性研究有最直接關聯的為環保署、衛生署及勞委會，這三個單位協力處理奈米產業中有關環境、健康及安全的議題(Environment, Health, and Safety, EHS)，因此本研究在訪談官方部會上便以此三個單位為主，此外，各部會的經費主要由國科會所支配，因此，本研究訪談亦訪問了國科會企劃處處長，針對經費的分配進行瞭解⁶。

最後是學界的部份，筆者認為，台灣任何創新產業的發展過程中，學界一直扮演著相當重要的角色，不論是提供政策建言或是評估政策成效等方面，甚至是作為挑戰政府的論述，在各種立場中我們都可以發現學界有其一席之地，因此，本研究亦希望訪談與奈米產業相關的研究學者，而預計訪談的學者背景將包括兩種：一種是致力於研發奈米相關產品的科研專家，由過去經驗可知，科研專家在提供意見時，經常採取實證主義的立場，以數據、科學中立為提供意見的基礎，然而卻經常忽略科學本身的不確定性，以及可能產生的風險，因此，本文訪問奈米計畫中的科研專家，希望能獲知其研發及提供意見的過程中所採取的立場以及目的，訪問對象為奈米醫學方面的專家、國家型計劃相關人員；另一種則是關注於奈米產業風險的研究學者，由於這些學者在論述奈米產業的風險時，其背後的

⁶ 經費需求可參考附註三經費表，從表得知，雖說經費來源主要是經濟部，但相關的研究計畫的主導權則交由國科會處理，因此本研究以國科會中負責經費劃分的企劃處為主要訪問對象之一。

邏輯必定與前述學者的立場有所不同，而將較偏向於新興風險治理的發展典範，當科技快速往前發展時，而管制框架仍處於舊有的管制層面時，這些關注奈米產業風險的研究學者能夠提供新的立論與觀點，有助於本研究的發展以及創新產業風險治理的新框架建立，因此本研究便訪問國內研究風險議題著稱的學者。

在深度訪談的問卷部份，本研究採取半結構式的問卷形式(參考附註二)，筆者將利用較寬廣的研究問題作為訪談的依據，導引訪談的進行，訪談指引(interview guide)或訪談表將在訪談之前被設計出來，作為訪談的架構，其主要內容將與研究問題相符，問題的形式或討論方式則將採取較具彈性的方式進行。

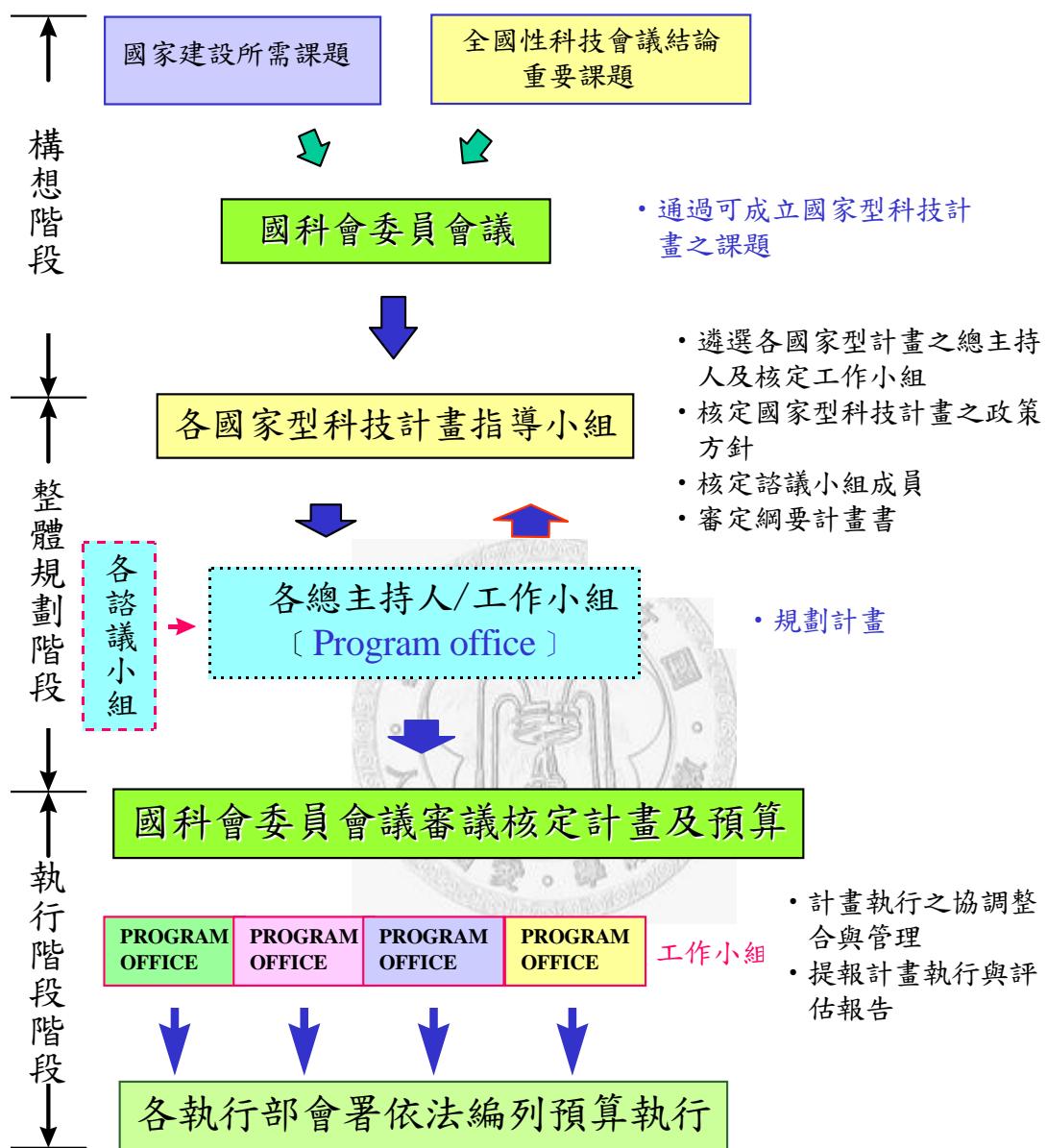
在資料分析的部份，本研究採取次級資料分析的原因可歸納為三項：首先，研究者從不同區域的素材中進行搜尋，能夠比單一原始資料的研究計畫產生更廣的見識，同時也能在各個國家之間進行比較，可以擴大通則化的效力；其次，研究者可以不必親自進行數個研究，而是運用他人所蒐集的資料，加上研究者自行蒐集到的資料一同來進行研究；第三，若要從事原始資料的研究將會所費不貲，因此從花費成本的層面來看，次級資料分析不失為一個具經濟效用的研究途徑。回到本研究，近年來世界各國皆針對奈米風險等相關議題進行許多研究，對本研究而言，這些資料都是相當具有指標性的意義，一方面，作為科技後進國家，歐美等國的研究文獻可提供為未來發展的參考標準，另一方面，國外對於風險感知的發展脈絡有相當長的一段時間，藉由分析這些資料，可以比較國內外對於風險議題上的特殊性質，而這也是次級資料分析的優點之一，然而，正因為各國對於奈米產業的發展及風險討論資料相當多，本研究無法一一詳述，在衡量語文限制及資料量之後，本研究將主要針對美國及英國這兩個國家進行資料收集，進而進行跨國性的比較，而資料收集的主軸將針對美國及英國政府對奈米產業發展所持的立場及對未知風險的處理態度。

最後，本研究將奈米國家型計畫列為主要的研究對象的原因主要是著眼於國家型計畫本身的特性，根據「國家型科技計畫推動要點」指出，國家型計畫的組

成乃先經由國科會委員會議審議全國性重大科技會議結論之重要課題或國家建設所需之課題，由國科會主委與行政院主管科技之政務委員共同招集相關部會署主管科技之副首長及學者，成立國家科技計畫指導小組，負責遴選科技計畫總主持人、核定計畫政策方針、並核定總體規劃階段的小組成員；而在計畫經費編列上，國家型科技計畫經費編列在相關部會署的科技經費或行政院科發基金項目下支用，採優先編列，而計畫規劃與行政支援等相關經費，則由國科會、行政院科顧組或相關部會署協調支應；最後的管理考核也是由國科會負責，除了每年都應有計畫成果發表(以研討會方式公開發表)之外，計畫執行期結束前一年也應由國科會及科顧組聘請國內外專家組成評鑑小組進行績效評量。國家型計畫的推動流程可參考下圖：



國家型科技計畫推動流程示意圖



圖一：國家型科技計畫推動流程示意圖

圖片來源：國家型計劃作業手冊

由此可知，國家型計畫可說是政府在推動重要科技研發上最直接的手段，從計劃中所列舉的執行案、經費分部可窺見政府的重視程度，加上國家型計畫網羅相關領域重要的研究學者，經過層層審核後獲得認可的研究計畫勢必在研究經費上不虞匱乏，也因此本研究將奈米國家型計畫列為重要的研究對象。

第三章 行政院奈米國家型科技計畫

3.1 計劃簡介

3.1.1 奈米科技

奈米(nanometer)是一個長度的單位，一奈米等於十億分之一米(10^{-9} meter)，其大小約為分子或 DNA 的大小。奈米結構的大小則介於一到一百奈米之間，在如此小的尺度之下，古典理論已經不敷使用，量子效應⁷(quantum effect)已成為不可忽視的因素，再加上表面積所佔的比例大增，物質會呈現迥異於巨觀尺度下的物理、化學與生物性質。奈米結構除了尺寸小之外，往往還擁有高表面/體積比、高密度堆積以及高結構組合彈性的特徵。所謂的奈米科技便是運用我們對奈米系統的了解，將原子或分子設計組合成新的奈米結構，並以其為基本的「建築磚塊」(building block)加以製作、組裝成新的材料、元件或系統。因此，在製作過程的觀念中，奈米科技乃屬於「由小而大」(bottom up)的製程，與半導體產業中蝕刻、微影這種「由大而小」(top down)的製成相當不同(呂世源,2002;李名揚,2003;王崇仁,2006)。

奈米科技所涵蓋的領域相當廣闊，從基礎科學橫跨到應用科學，包括物理、化學、材料、光電、生物及醫療等；而在產業方面，奈米科技被公認為二十一世紀最重要的產業之一，從民生消費性產業到尖端的高科技領域，都能找到與奈米科技相關的應用，例如有名的「蓮花效應」⁸(lotus effect)是指荷葉由於表面的奈米結構，因而具有抗水防塵的自我潔淨功能，這個特性能用來改善高科技的戰績雷達天線罩，也可以運用來生產自潔玻璃及奈米馬桶等民生用品。

3.1.2 奈米國家型科技計畫緣起

由於奈米科技創造新一波的技術革命與產業，它將對人類生活造成全面性的

⁷ 當熱能、電廠能或磁場能比平均的能級間距還小時，就會呈現一系列與宏觀物體截然不同的反常特性，稱之為量子尺寸效應，例如，導電的金屬在超微顆粒時可以變成絕緣體。

⁸ 蓮花效應是指蓮葉表面具有超疏水及自潔的特性。由於蓮葉具有疏水、不吸水的表面，落在葉面上的雨水會因表面張力的作用形成水珠，水與葉面的接觸角會大於 140 度，只要葉面稍微傾斜，水珠就會滾離葉面，滾動的水珠也會順便把一些灰塵污泥的顆粒一起帶走，達到自我潔淨的效果。

影響。綜觀世界先進國家，皆致力於發展各國的奈米產業，我國亦期待藉由奈米國家型計畫，將奈米科技的特性，轉成實際應用進而產生具體的經濟成效。

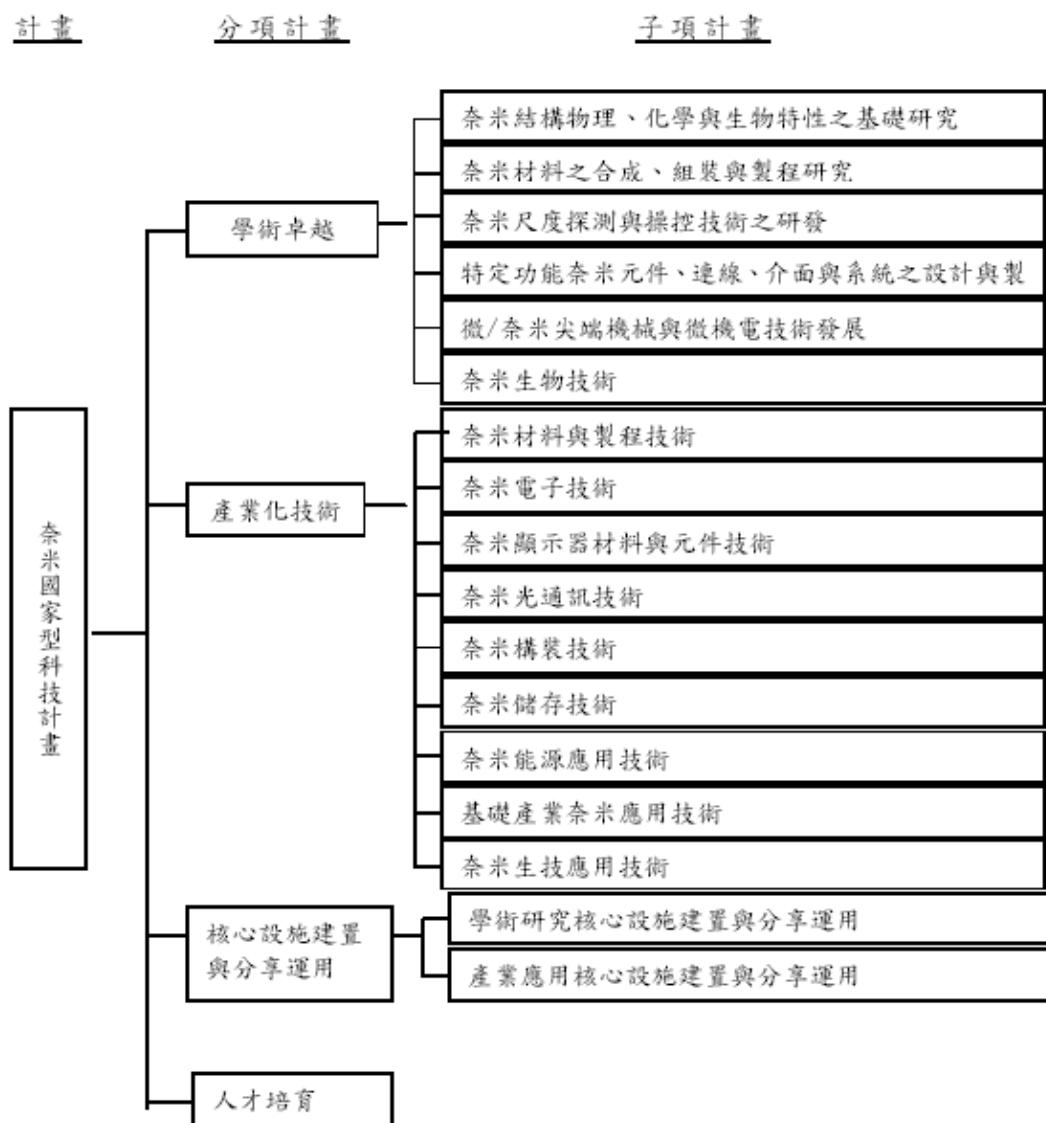
這幾年來，在我國政府的相關政策制定會議中，陸續開展重要的奈米科技政策，在八十九年十二月行政院科技顧問會議以及九十年一月全國科技會議中，結論皆指出奈米科技為我國未來產業發展重點領域方向。因此，在民國九十一年，由國科會、行政院科技顧問組、中研院、教育部、工研院、經濟部、原子能委員會及環保署等單位共同努力下，組成了【奈米國家型科技計畫工作小組】，並於九十年六月行政院國家科學委員會第 157 次委員會中通過奈米國家型科技計畫，預計於九十二年一月開始推動。【奈米國家型科技計畫】辦公室則於九一年九月成立，希望藉由計畫辦公室來整合產學研的力量，建立我國發展學術卓越及相關應用產業所需要的奈米平台技術，利用奈米科技帶來的創新和我國在高科技製造業累積的優勢，以及在學/研機構長期建立的研發能量，開創我國以技術創新、智全創造為核心的高附加價值知識型(<http://nano-taiwan.sinica.edu.tw/ProjectBig5.asp>)。

總觀各國，奈米科技皆被列為最優先研發的領域，不僅規劃國家資源投入，同時也組織各國國內或相關領域的研究單位與民間企業，成立各類研發網絡或社群。美國於 2001 年度將奈米技術簽署為國家戰略，由聯邦政府作政策及經費主導，2002 年美國 NNI(National Nanotechnology Initiative)經費，國家奈米科學、工程與技術之研究發展，是由十個聯邦部會編列 6.044 億美元經費來推動；根據 NNI 網站(<http://www.nano.gov>)，2006 年度十三個聯邦部會共計投入 1351.2 億美元的經費，今年度則投入 1353.9 億美元，預估明年所投入的經費將超過一千四百億美元。歐盟則在 2002 年至 2006 年(FP6)五年內投入 14 億歐元，以歐洲研究區的方式，支持歐盟各國在奈米技術、智慧型材料和新製程方面的研究，在接下來的 FP7(2007 年至 2013 年)間，則將針對奈米科技投入三十五億歐元；鄰近的中國大陸於 2006 年時發布【國家中長期科學和技術發展規劃綱要(2006~2020 年)】，將奈米研究置為四項重大科學計畫之一，該領域的重點研究包括奈米材料、生物學，及奈米

技術在能源、環境、資訊與醫療等領域的應用。

3.1.3 計畫內容與宗旨

奈米國家型科技計畫的目標是以人才培育及核心建制為基礎，達到「學術卓越研究」及「奈米科技產業化」的目標，計畫主要包括學術卓越分項計畫、產業化技術、核心設施建制與分享運用及人才培育等四個分項。其架構如下(圖二)：



圖二：國家型計畫架構 圖片來源：奈米國家型科技計畫網頁(<http://nano-taiwan.sinica.edu.tw/ProjectBig5.asp?S=6>)

在「學術卓越分項計畫」中，包括了：(1)奈米科學基礎研究，(2)奈米材料研究，(3)奈米操控、功能元件製造、特殊儀器等尖端技術發展，(4)奈米能源、環境

研究，及(5)奈米生物技術研究。藉此提昇我國奈米科技研究的原創性，激發物理、化學、材料、化工、電機、機械、生物、醫學等不同專業研究人員投入奈米科技研發的意願，促成研發團隊之整合，進而帶動各種新興奈米科技相關產業的發展。

「產業化技術分項計畫」中，根據奈米科技產業發展的經營環境、我國產業結構、奈米科技發展進程及市場發展前景，選擇並規劃適合我國發展的項目，如奈米電子技術、奈米顯示技術、奈米能源技術、傳統產業奈米應用技術、奈米生物技術等重點領域發展，整體計畫基礎是建立在奈米材料平台技術和檢測與設備技術的開發上，並經由這平台支援一系列產業面向的重點奈米科技應用，與學術卓越、人才培育、核心設施建制與分享運用計畫建立良好的互動機制，加強和產業應用領域知識的結合，建立快速擴散平台技術至產業界的模式，並全力推動「創新」和「整合」，結合國內優勢產業及相關基礎學術研究，加速奈米科技產業化。

建構國際及奈米共同實驗室，以知識化網絡提供奈米檢測、製程服務，提供國內學術研究、產業應用研究相關技術及量測支援，以促進國內奈米產業的發展。在「核心設施建制與運用分享分項計畫」中，包括學術研究重點設備與運用分享、產業應用核心設施與運用分享計畫、及奈米技術計量標準計畫，目前已建立八個「學術重點設備建置」中心，及一個「產業核心設施」中心。在「學術重點設備建置」方面，包括：台大奈米科技中心-尖端電子顯微技術與奈米分析服務計畫，台灣聯合大學系統奈米製作暨分析核心設施中心(設於交大)，南台灣奈米科技研究中心第二期核心設施建置服務計畫(設於成大)，中台灣奈米技術科學與工程核心服務計畫(設於中正大學)，台灣中區奈米技術科學與工程核心設施服務計畫(設於中興大學)，奈米科學尖端研究設施之建構等(中研院負責)，台灣聯合大學系統-奈米微影暨奈米生技核心設施服務計畫(清大負責)，高屏地區奈米共同實驗室(中山大學)，東部奈米科技研究中心(東華大學)。產業應用核心設施與運用分享方面，產業核心設施建置於工研院奈米中心，設置奈米共同實驗室。在奈米技術計量標準計畫方面，進行尺寸參數量測追溯及力學性質量測追溯九個量測參數研究，包括

三維奈米尺寸標準及量測分項計畫、奈米元件機械性質量測分項計畫、微流量測標準分項計畫。

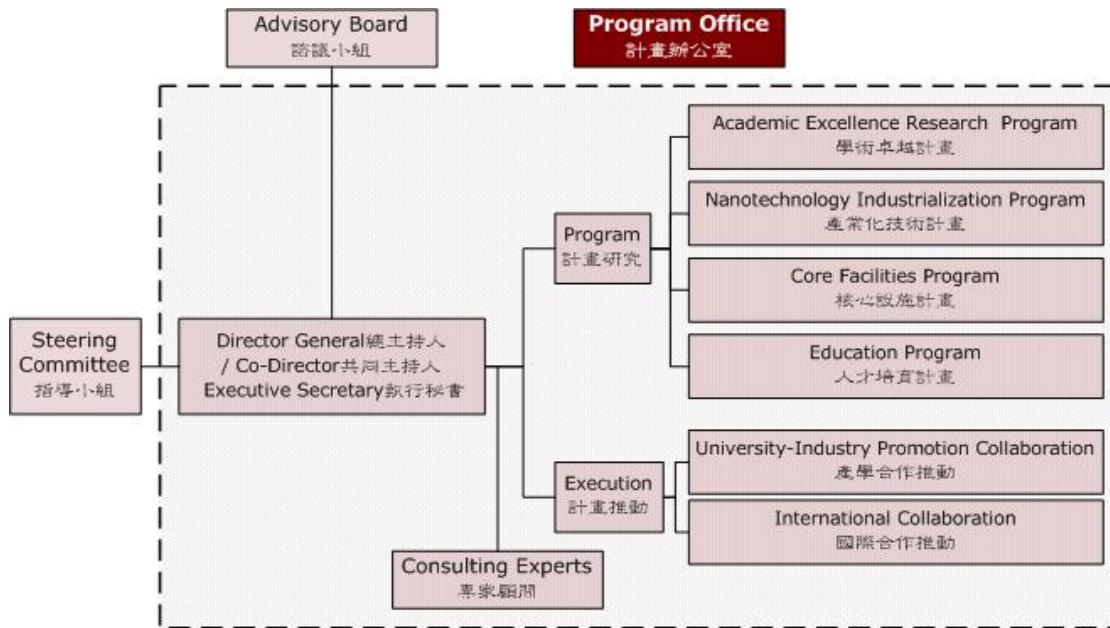
最後是「人才培育分項計畫」，希望能迅速提供我國發展奈米國家型科技計畫所需的各種跨領域人才，這裡的奈米科技跨領域人才培育，不僅只是傳統各科技領域的跨領域整合，至少同時必須包含工程、基礎科學、經營管理、智財權法律、人文社會、生技醫藥等領域的知識，且由於網際網路的快速發展，加上知識經濟的迅速成型，因此必須與教育部所擬定的科技教育發展策略目標配合，從小學、中學、大學、研究所、在職訓練、甚至終身學習的教育施政目標結合。

3.1.4 經費

以奈米國家型科技第一期計畫來說，經費總預算約為新台幣 177 億元，此經費分配給四項研發領域，其中，產業化技術分項計畫占 64%、學術卓越分項計畫占 19%、核心設施建制與運用分享分項計畫占 15%、人才培育分項計畫占 2%。經費來源包括國科會(23.1%)、經濟部技術處(66.4%)、經濟部工業局(1.2%)、經濟部能源局(1.2%)、經濟部標檢局(1.3%)、教育部、原子能源會、環保署、衛生署及勞委會。

3.2 奈米國家型科技計畫辦公室

奈米國家型科技計畫辦公室於 91 年 9 月成立，其組織架構圖如下(圖三)：



圖三：計劃辦公室架構圖 圖片來源：奈米國家型科技計畫網頁(<http://nano-taiwan.sinica.edu.tw/OfficeBig5.asp?SK=1>)

其中，指導小組是由十五位各部會的首長所組成，包括國科會主委陳建仁、行政院科顧組政務委員林逢慶等人；諮詢小組則囊括產官學各界菁英，諸如國科會自然處處長鄭建鴻、環保署科技顧問室主任阮國棟、中研院生化所所長王惠鈞、台積電技術長胡正明等共十九人；在專家顧問團部份，則又細分為學研專家及部會代表⁹。此計劃的總主持人為吳茂昆院士、共同主持人為蘇宗粲主任，執行長為宋清潭博士，下設計畫與行政經理，以及計畫專員六人，辦公室主要的工作項目為制定年度整體計畫的方向、進行年度計畫的相關作業，同時要派員參與計畫評選以確保整體計畫的方向有落實在各部會署機構的計畫當中，同時，辦公室亦審核各部會署所提出的年度計畫及計畫績效；每一年，科技計畫辦公室會舉行成果發表會，從 2003 年開始，去年 2007 年的成果發表會已於六月十五日的台灣國際奈米週舉行，在成果發表會時，除了發表當時國內最新的研發技術、研究報告之外，同時也邀請各國知名學者與會，針對全球奈米技術做學術、產業界的交流。

3.3 發展型國家與國家型計畫

⁹ 詳細成員名單請參考奈米國家型科技計畫網頁：<http://nano-taiwan.sinica.edu.tw>

我國的科技政策有以下的特性：首先，我國政府不論是在提供研發所需的資金上與直接執行上扮演的角色；第二，政府對科技發展採取逐步漸進的作法 (incremental approach)，政府所動用的研發資源較大比例是用在科技產業化方面，用在基礎與一般性較長期科技發展上相對偏低(王輝煌,1999)。在第一點上，直至八零年代初期，國家在科技研發上扮演的角色偏向主導，相對的當然是在科技研發上相當弱勢的民間企業，在 1979~1985 之間，民間企業花在科技研發方面的經費總額僅佔全國研發總支出平均 35.8%左右，公共部門所佔的比例則介於 52.7%~64.8% 之間。但九零年代開始，民間投入相對增加，官方與民間仍各佔一半左右，目前，科技研究體系主要由科技行政部門及公營企業所數的研究機構、專門的財團法人研究機構、各大學民間企業所數的研究機構組成。但是，台灣的研發經費投入結構不夠合理，長期以來形成「重應用科學，輕基礎研究」、「重工業企業，輕大專院校」、「重工業科技，輕農理醫」的局面，到 1999 年為止，技術發展與應用研究占經費投入的 88.3%，基礎研究僅占 11.7%，這點會牽涉到前述的第二項，政府對科技發展所採取的逐步漸進作法，從執行面來說，台灣政府所控制主導的研發工作，多半集中於科技變遷過程的首尾兩端，亦即大學多專注於所謂的基礎研究，而財團法人科技研發單位則多致力於具有高度特定商業化價值的科技，就基礎研究來說，大多數學者的研究導向多偏向於西方學術期刊所感興趣的方向，也因此他們的努力經常被批評缺乏與本土產業及社會需要的關連。進一步來說，在台灣，較重要的商業化科技可以說大部分是來自政府所控制的財團法人研究單位，本研究的「奈米國家型計畫」便是一例，透過國科會主導，政府其他部會的參與，再加上與民間企業的合作，一同推展台灣的奈米產業。目前國內大專院校與研究機構眾多，但個別計畫多屬小規模的發展，在獨立創新上有高自由度發揮的空間，但在有限資源應用上卻容易重疊失焦，無法真正壯大成果落實於產業化，因此政府在奈米材料研究與追求創新上集中資源，加強整合規劃與建立鼓勵勇於挑戰創新的改變。政府對於產業化計畫的補助或技術輔導計畫建立在單

一窗口的架構下，統一有效分配運用資源，加強對於初創期的奈米材料與應用產業的輔導。奈米國家型計畫的執行策略，便是期待透過建置核心設施與分享機制，以及人才培育養成來奠定基礎。由於奈米技術的應用，擴及物理、化學、材料與生物科技等，產業應用更是無所不包，核心設施的建制便由國科會與經濟部技術處等共同參與；至於人才培育則由教育部顧問室來負責。

從西方契約論(Rousseau,1987)角度來看，公領域的國家不應入侵私領域的經濟事務，國家經濟的增進被假設來自於自由競爭的企業與消費者相對不受限制的互動，政府不該指引政策的方向，而是管制與維持市場自由秩序，讓市場機制自動調節，在看不見的手之下，透過財富的累積讓國家經濟自然的成長。但國家型計畫的推展並未遵循經濟自由的原則，反而讓國家介入整體產業發展，從政策的方向、相關設備的設置以及資源的整合，政府所扮演的角色舉足輕重。Johnson 提出的「發展型國家理論」中，國家發展成功的前提是，國家握有超越其他部門對經濟的權力，國家可以汲取資本、產生與執行國家的經濟計畫、操控私部門接近有限資源的可能性、協調個別企業的努力、瞄準特定的工業目標、透過技術官僚來達成持久增進的生產力並增加其經濟在世界市場中所占的份額，將此種模式套入奈米國家型計畫，台灣政府或許在操控私部門接近有限資源的能力上受限，但透過經濟部與國科會的合作，的確能針對奈米產業此項特殊工業進行資源的協調分配，而部會內的技術官僚透過經費的分配，強調國家型計畫中產業化目標的重要性，達成這樣的目的需要強大的國家力量，沒有尖銳的國家與社會二元區分，民眾也能接受部分權利被侵入，政府積極介入市場操作，其目的是增進市場而非造成市場的排拒，高效率地過濾國外投資並強化國內資本累積。歷年來國內經濟發展的執行策略，民眾接受政府在市場上的干預，主要也是因為其效果卓著，政府擘畫的各項大型建設，在當下都對國內經濟的提升造成明顯的成效，不論是促進就業或者所得增加等，默許了國家在經濟事務上的干預，有了民眾給予的合法性以及對技術官僚能力的肯定，政府在推行國家型計畫上鮮少面臨問題。

第四章 奈米技術的美麗與哀愁

4.1 新興科技帶來的利與弊

4.1.1 奈米科技的正面效應

最早提出奈米想法的，是加州理工學院獲得諾貝爾物理學獎的理查·費曼 (Richard P. Feynman)。一九五九年，費曼先生在該校召開的美國物理學會年會中發表一篇著名的演說，名為“在底層有很大的空間”(There is Plenty of Room at the Bottom)，他以利用原子或分子製造材料及裝置會產生令人興奮之新發現這種願景來激勵聽眾，費曼指出，要實現這樣的願景，需要一類小型化的儀器設備去操作及測量這些微小的奈米結構。直到一九八零年代，費曼先生所提出的這些儀器才見於世，包括 STM¹⁰(Scanning Tunneling Microscopy)、AFM¹¹(Atomic Force Microscopy)，提供了奈米結構量測及操作所需的工具，同時發展的還有計算能力的擴展，使得科學家能對奈米材料行為的精密模擬成為可能。

當人類對微觀世界有更多的認識時，科學家們便希望能更進一步地操控它，然而，傳統用來解釋材料性質的理論，只適用於一百奈米以上的物質，因此，比一百奈米還要小的物質，很難單從傳統理論中得到完美的解釋，通常材料尺寸在一奈米至一百奈米之間的微粒稱為「超微粒材料」，當大塊物體變成超微粒時，無論是金屬或非金屬物質，其物理性質和化學性質，尤其強度、韌性、比熱、電性、磁性等方面都發生變化。材料變小之後，第一個好處是，它的表面積與體積的比

¹⁰ STM(Scanning Tunneling Microscopy，穿隧掃描顯微鏡)：1980 年代初期在瑞士的 IBM 實驗室所發展出的一種新技術，利用電子的穿隧效應，沿材料表面的高低起伏掃描，藉掃描時導致的穿隧電流變化來成像，能更直接、更精準地量測物體表面的變化。連續的 STM 影像可以告訴我們原子、分子在化學變化的時候，如何在表面運動、排列、堆積或進行化學交互作用，也可以瞭解原子、分子在化學變化時的中間過程，而只是知道反應過程的反應物及生成物而已，能更微觀地瞭解整個化學變化的過程。(參考：<http://0rz.tw/3a3Dc>)

¹¹ AFM(Atomic Force Microscopy，原子力顯微鏡)：AFM 是由 STM 發明人之一 Binnig、美國史丹福大學教授 Quate、及 IBM 的 Gerber 率先發展的，主要動機是希望有類似 STM 的空間解析能力，但不必受限於可導電的材料。AFM 的原理是利用針尖原子與樣品表面原子間的微弱作用力來作為回饋，以維持針尖能在樣品上方以固定高度掃描，從而得知樣品表面的高低起伏，其基本架構與 STM 相似，但探針結構不同，必須能夠探測到原子間的微弱作用力才行。(參考：http://nanocenter.nchu.edu.tw/afm/afm_1.html)

值(即比表面積)變大了，一個球形顆粒的比表面積通常與直徑成反比，材料越小、直徑越小，比表面積就越大，因此很適合用來做催化劑；第二個好處是具有量子力學上所謂的小尺寸效應，例如金、銀之類的導體，當中的電子通常呈現波動特性，導體尺寸變小以後，波動性質就更為顯著。此外，由於表面積增加，束縛能量下降，使得物質本身變軟，而材料變小以後，又可摻入其它物質中，成為一種更為堅硬的複合材料(牟中原，2004)。

4.1.1.1 奈米科技的應用領域

奈米科技實際上涵蓋了一切在奈米尺度範圍內的物理、化學技術，但有許多概念仍局限於實驗室的理論階段。以下是當前奈米技術已應用的範圍(葉安義,2004;陳貴顯,2006)：

一、奈米結晶材料(nano-crystalline materials)

奈米金屬結晶顆粒能展現出較佳的強度、硬度、磁特性、表面催化性等，主要的應用機會在於汽車業、航太業及建築業的結構材料，例如將新型奈米結晶剛才運用於汽車產品上；在生物醫學方面，奈米結晶銀具有抗菌作用、奈米結晶鈦則可應用於人工關節。

二、奈米粉體(nano-particles)

奈米粉體為奈米材料中，種類最繁多且應用最廣泛者，又可細分為：

1、複合材料：奈米粉體最大的應用之一，便是奈米高分子複合材料的開發，其透氣性、熱膨脹性下降，耐化學腐蝕、保有透明性等的優點，可廣泛運用於一般民生工業如家電器材、汽車零組件、輸送導管等耐磨結構材料上；在包裝材料上的應用，如保鮮膜、飲料瓶，則可利用其耐熱性、高阻氣性及特明等優點。

2、塗佈：奈米粉體塗佈具有增強表面硬度、抗磨、透明等特性，已應用於建材及太陽眼鏡鏡片上，磁性奈米體塗佈則可應用於資料儲存方面。

3、醫學與藥物：經表面修飾的奈米可應用於藥物輸送，奈米銀微粒具有抗菌功效、氧化鋅則具有殺黴的作用；此外，二氧化鈦(TiO_2)與氧化鋅(ZnO)對 UV 吸收有相當好的功效，可應用於防曬油等美容產品。

4、其他：奈米粉體的高表面積，可用於工業上的催化反應；用於燃料電池上，可增加其反應速率，提高效能；此外，奈米顏料的開發、使用金屬奈米粉體印製電子電路、以及磁性奈米粉體在半導體及醫學核磁共振影像的使用，都是奈米粉體應用的機會。

三、奈米孔隙材料(nano-porous materials)

此類材料指的是孔隙尺寸小於 100nm 的多孔隙材料，材料的高表面積使其具有高催化及吸附的效應，奈米孔隙材料可由凝膠法、微影蝕刻、離子束等方法製得。奈米孔隙材料可開發改良催化劑，應用於石化工業等；利用孔隙結構，在藥物輸送植入裝置、基因定序、醫學檢測等方面，奈米孔隙材料均有相當大的應用潛能；奈米多孔碳則具有高電容特性，可用於手提電腦、行動電話乃至電動車等電池的開發。

四、奈米纖維與奈米纜線(nano-fibers, nano-wires)

奈米纖維可用於複合材料與表面塗佈，以達補強的作用，利用奈米碳纖維絲製作導電塑膠及薄膜，可應用在汽車的靜電塗料或電器設備的靜電消除；奈米纖維亦可製成抗化學品、防水透氣、防污等特殊性能布料，在紡織服裝業上有廣大的市場。

奈米纜線則應用於化學與生物感測器上，但由於纜線之間的連結性還有許多問題需要克服，因此目前仍屬於實驗室的研發階段。

五、奈米碳管(carbon nano-tubes)

奈米碳管具有許多特殊性質，如高張力強度、優良的熱導性、及室溫超導性，其導電性則隨不同的捲曲方式而變，可為奈米導線或奈米半導體，也因為其許多特殊的性質，奈米碳管為目前最熱門的材料之一。

奈米碳管可用以製造導電塑膠及高效率輻射屏蔽複材，可用於紡織工業；若克服技術及成本問題，製成奈米碳管電纜，可兼具奈米碳管的結構強度與導電性優點，會成為能源輸送的一大突破；此外，奈米碳管具有低的導通電廠、高發射電流密度極高穩定性，適用於場發射器，目前場發射顯示器¹²(field emission display, FED)技術最廣受注目的開發為平面顯示器，已有不少企業投入奈米碳管場發射顯示器的研發，其具有影像品質佳、體積薄小、省電等潛在優點。

4.1.1.2 各國對發展奈米科技所挹注的努力

一、美國：

美國自 2001 年起即由國家科學暨技術委員會(the National Science and Technology Council, NSTC)主導，推動國家奈米科技方案(National Nanotechnology Initiative, NNI)，計有農業部、商務部、國防部、能源部、健康暨人力資源部、國土安全部、司法部、環保署、國家航空署、國家科學基金、國務院、交通部、財政部、食品暨藥品管理局、情報署等十五個部會參與此計畫。為支持奈米科技發展，美國國會更於 2003 年 11 月 20 日通過《21 世紀奈米科技研究暨發展法案》，授權美國總統執行「國家奈米科技計畫」，指定國家科學暨技術委員會(NSTC)督導計畫的協調、規劃及管理，依國家需要，設定計畫目標及優先順序，協調跨步會共同編列計畫預算，加強與地方政府、產業界、學術界的資訊交流，此外，並應向國會提交年度報告。(詳參附註四，近三年美國各部會奈米研發預算)

在美國的開發戰略上，自 2001 年迄 2005 年為第一期的戰略計畫，2006 年至 2010 年為第二期戰略計畫。2005 年的投資金額為 2001 年的兩倍，同年，

¹² 場發射顯示器(Field Emission Display, FED)為一種新一代的平面顯示器，這種顯示器的發光原理與陰極射線管(Cathode-Ray Tube, CRT)相同，都是以電子撞擊到螢光材料而發光，但與 CRT 不同的是，這種顯示器 FED 沒有偏向板，每一個畫素都有自己的微電子源，只要在需要顯示時使該處的場發射元件發射電子，相對的就不需要很複雜的驅動電路，發射極到場極的距離也可以大幅縮短，可達到平面化的目的。同時，正因為它是以場發射電子撞擊到螢光材料而發光，因此比起其他的平面顯示器如 LCD(液晶顯示器)、PDP(電漿顯示器)等還有功率消耗少、能瞬間啓動、及亮度高等優點。(參考：http://www.nsc.gov.tw/_newfiles/popular_science.asp?add_year=2004&popsc_aid=116)

美國對於在這五年間曾對奈米科技計畫進行過評估，這是由總統科技顧問委員會(PCAST)所辦理，結果提出一份評價頗高的推薦報告，這份報告指出，美國為奈米科技研究開發的世界領導者，資金適切地利用，營運方法亦良好，當中較具特徵的是國家經濟基礎建設(infrastructure)的架構，NNIN(國家奈米科技基礎建設網絡，National Nanotechnology Infrastructure Network 計畫)為美國國家科學基金會(NSF)的計畫，這是為研發奈米科技所必備的基本裝備，創造一個公開、任誰都能存取使用的系統，話雖如此，但奈米科技乃是一種極微小的頂尖技術，除非是非常高價的設備否則無法進行研究，因此，將這種設備集中在一個地方，作為共同利用的設施，並收取費用，開放給一般民眾使用，並藉此擴大研究領域，這種據點網絡目前在十三所大學中建置；此外，NCN(Network for Computational Nanotechnology，電算奈米科技網絡)亦於七所大學設立據點，組成網絡，讓一般的團體也能存取使用。

美國第二期(2006 年至 2010 年)奈米科技投資計畫方面計有四個主要目標：(1)世界級 R&D 計畫的維持發展；(2)新技術的產品化與促進對公共利益的轉移；(3)為了開發教育資源、熟練之勞動力及尖端奈米科技，應支持這種機器的基礎建設；(4)有關社會、環境及健康的 R&D 及透過與市民的對話，讓市民知道其負有開發奈米科技的責任。

在 NNI 的 FY2008 預算書中，相關部會所投注的研發金額將近十五億美元，相當於 2001 年預算四億六千萬美元的三倍之多，在這七年中聯邦政府對奈米科技的投資與年俱增，反映出美國政府大力支持奈米科技的研究與發展，希望藉此保有美國在此科技的領導地位及競爭優勢。根據 NNI 的策略計畫，共有七個投資領域是該計畫所關注的焦點，這七個領域分別是：(1)基礎奈米尺度的現象與製程(\$491.8 million)¹³；(2)奈米材料(\$290.7 million)；(3)奈米尺度的元件及系統(\$277.4 million)；(4)奈米科技的儀器研究、度量與標準

¹³ FY2008 預估投下的金額，參考：http://www.nano.gov/NNI_08Budget.pdf

(\\$83.6 million)；(5)奈米製造(\\$44 million)；(6)重要研究設備及儀器取得(\\$159.8 million)；及(7)社會影響研究(\\$97.5 million)（詳參附註四，FY2008 美國各部會奈米預算）。

二、英國：

因為其豐富的研究歷史，英國在奈米科技方面的起步很早，1986 年英國政府便提出國家奈米科技方案(the National Initiative on Nanotechnology, NION)。近期英國政府更加強其承諾，進一步推動奈米科技的發展。

2001 年 2 月，英國政府在其企業、技能及創新的白皮書—在變化的世界中尋求各種機會(Opportunity for All in a Time of Change)—中曾宣佈設立奈米技術的大學創新中心，其主要核心單位是奈米科學暨技術協會(the Institute for Nanoscale Science and Technology, INSAT)及 INEX，兩者均位於 Newcastle 大學¹⁴。此外，英國貿工部亦建立一個全國性的微奈米技術網路(National Micro Nano Technology Network, MNT)，此網路為全英國企業提供進入學術與工業的設施及專門技術的服務，並透過幫助產業取得跨領域的研究與資源而帶動全國奈米科技市場的發展與應用。

奈米科技最重要的特色在於，它是一個多重訓練的研究與發展的領域，需要分享各種工具與技術知識，因此材料科學家們、電機與電子工程師們及醫學研究人員目前正與生物學家、物理學家及化學家組成研究團隊進行合作。英國政府籌設了一系列的研究中心，這些中心專注於奈米科技的關鍵應用領域專業化的發展（詳參附註六，英國奈米研究中心），而英國政府於 2003 年 7 月更宣佈，在接下來的六年內將投注一億四千四百萬美元的經費，以協助產業在共同研究與建立微奈米科技設施的新網路方面的合作。

三、歐盟

歐洲為全球最早開始進行奈米科學研究的區域，但由於初期沒有歐盟加以

¹⁴ 參考：http://twbusiness.nat.gov.tw/asp/industry4_3.asp (retrieved at Feb. 10, 2008)

居中協調與規劃，因此在研究初期缺乏資金援助、相關管理上的支援，同時也因為面臨專利取得的問題，導致奈米研究人員遭受許多阻礙。2004 年五月，歐盟議會對歐洲地區與國際社會發表一系列有關奈米科技的專案計畫，宣示歐洲對於提高奈米科技競爭力的決心。歐盟將其計畫分為五個主要領域，分別是：(1)研究與發展；(2)基礎建設；(3)教育訓練；(4)創新；及(5)社會層面。根據預估，若歐盟的計畫能順利推展，在西元 2010 年前將可望為歐洲創造上百億歐元的經濟營收，同時，歐盟議會也強調要提高社會大眾對奈米科技的認知，這亦屬於整體奈米發展計畫的一部份；另外，公眾健康、安全、環保問題及消費者保護也被包含在此項議題中。

西元 2002~2006 年歐盟所進行的第六期架構計畫(FP6)中，奈米科技與新興材料研發的經費約為歐元十四億，在接下來的 FP7(2007~2013)，預估會投入超過三十億歐元的經費在奈米科技與材料研發技術上(詳參附註七，歐盟 FP7 奈米技術發展與行動計畫)。

在西元 1995 年，歐盟委員會成立「創新接繼中心」(Innovation Relay Centers, IRCs)，IRCs 的任務是支持歐洲的研發與技術移轉合作，在過去五年中，IRCs 已協助超過一萬兩千五百件技術移轉的協商，並協助超過五萬五千家公司以滿足其技術需求並運用其研究成果。時至今日，已有 71 個新接繼中心在 33 個國家中成立，當中包括歐盟 27 個會員國以及冰島、愛爾蘭、挪威、土耳其、瑞士、智利，透過這些區域性的創新接繼中心，歐洲多數的奈米科技公司都可接受科技移轉策略計畫的援助¹⁵。

歐洲奈米科技計畫接受資金援助的方式和美國大致相同，有些是屬於國家型計畫。歐洲有許多跨國研發機構，以泛歐工業研發網絡為例，專門提供無條件研發補助，目的是將其研發成果發展為產品，利用這種補助方式的國家包括奧地利、挪威與英國；其他如比利時、德國、冰島和以色列還包括貸款

¹⁵ 參考 IRCs 網站：<http://www.innovationrelay.net/>

和免償性補助。

4.1.2 奈米科技的負面效應

如前所述，奈米科技能應用於許多的領域，為社會帶來廣泛的助力及商機，因而引起各國政府、研究人員及企業的高度興趣。一般而言，科學家們對奈米科技的風險還是抱持樂觀的態度，跟普羅大眾比起來，科學家們著眼於奈米科技未來對醫藥、環境清潔及國防安全的助益，而民眾們反而比較擔心奈米科技未來對隱私權、及經濟效益上的負面影響。然而，與過去的創新科技相比，奈米研究人員在奈米科技可能造成的環境污染及新興健康風險上，表現出比一般大眾更加擔憂的心態。會有這樣的轉變的原因主要有二：首先，在科技政策圈中長久以來一直對奈米相關風險研究不足的爭議，例如，在 2004 年，英國皇家學院曾建議英國政府進行奈米原料的環境、健康與安全影響(Royal Society & Royal Academy of Engineering, 2004)，同樣地，美國 EPA 及 FDA 也做過類似的呼籲，希望針對奈米原料進行公聽會；其次，美國當地某些利益團體針對新興奈米產品要求特定的管制與安全防禦步驟，例如，在 2006 年底，美國國家資源保護協會便遊說 EPA 利用聯邦殺蟲劑、殺菌劑和殺鼠劑法案(Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act., FIFRA)，對含有奈米銀的產品進行管制，最後使得亞馬遜網站(Amazon.com)與購物網站 Sharper Image 將其網站上含有奈米銀的產品介紹全都撤下(Dietram A. Scheufele et al., 2007)。然而，多數民眾未能察覺這樣的改變，主要就是因為多數民眾仍停留在「科技能帶來更好的生活」這種樂觀主義的印象中。

英國政府曾於 2003 年 6 月，委託皇家學院及皇家工程學會執行一項獨立研究¹⁶，包括界定奈米科技的意義、概述相關科學知識、確定科技運用及未來展望、確認對健康安全環境倫理及社會等層面的影響及不確定性，並審慎檢視法制狀況。在進行諮詢之後所提出的正式報告表示：奈米科技能為社會帶來助益，但也建議

¹⁶ “Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties”, published on 29 July, 2004, 參考：<http://www.nanotec.org.uk/report/Nano%20report%202004%20fin.pdf>

採取一系列手段來明瞭其可能性，以減少未來潛在不確定性及風險的存在。當前關注重點廣及人類健康、環境、倫理、法制及社會議題；不過截至目前為止，相關的研究與知識仍屬不足。

4.1.2.1 環境方面

奈米技術潛在的危害隨奈米材料本身的特性、產品特徵或製造程序而定，大表面積、結晶性結構和某些奈米微粒的再反應性，可能使毒性材料容易在環境中傳輸。現階段所收集到的資訊仍以對人體健康危害的議題較多，對其他生態或環境負面影響的資訊則十分有限（簡弘民，2004）。

奈米微粒早在奈米技術發展之前就已經廣泛存在於大氣中，尤其是都市的空氣與特定作業場合的環境中，奈米微粒的主要來源為汽車排放的廢氣，以及高溫製程中所產生的細小微粒。早期在研究這些細小微粒大多針對金屬燻煙工作場所的暴露情形，隨著道路交通密度和汽車引擎排放廢棄的增加，環境暴露也成為一般大眾更為廣泛的議題。在工作場合中暴露於細小微粒的程度是在非常高的濃度範圍內，表示這些細小微粒很快地能聚集成較大的顆粒；相對來說汽車廢棄的環境暴露濃度則較低，但是否會引起負面的效果仍是個問題。

4.1.2.2 人體健康方面

尺寸、型態與表面活性，是奈米原料應用時主要的條件，而這些條件也影響了奈米原料在人體內交互作用。根據科學研究顯示，某些含奈米碳管(carbon nanotubes)的材料可能有毒，不過，這些研究均以鼠類、兔子及魚類作為實驗對象，而非人類本身¹⁷，無法得知動物實驗中觀察的所得能否等同於人體實驗結果，也因此現今尚無法絕對肯定或證明長期暴露於奈米材料中，會對人體健康造成什麼程度的危害¹⁸。

根據英國貿易工會總會(Trades Union Congress; TUC)的 *Nanotechnology*

¹⁷ “Benefits, risks, ethical, legal and social aspects of nanotechnology”, published in October, 2005, 參考：<http://www.nanoforum.org/dateien/temp/ELSIPart%203.pdf?16022008105721>

¹⁸ 同前註

*factsheet*¹⁹指出，奈米科技對人體健康具有危害的原因有三：首先，細微的奈米粒子能深入肺部，藉由夾帶金屬、碳氫化合物或其他物質，對人體造成損害；第二，奈米粒子得以穿透皮膚進入體內、肺部及消化系統，造成「自由基」(free radicals)生成而引起細胞病變，一旦奈米粒子進入血液循環系統，有可能會跨越腦血管屏障(blood-brain barrier)；第三，人體對於所接觸的自然生成元素及分子會產生耐受性(tolerance)，即相同的劑量、但藥物的藥效降低或需要增加藥物劑量才能維持相等的藥效，使得身體對新種物質不具有自然的免疫力，特別是有毒的奈米粒子(Trade Union Congress ,2008)。

德國聯邦風險評估研究所(Bundesinstitut für Risikobewertung, BfR)於2007年抽樣調查一千位消費者，並於同年公佈調查結果，根據問卷調查顯示，66%受訪者對於奈米科技的發展保持樂觀的態度，並認為應該之奈米科技的持續發展，且認為奈米科技改善了生活品質，帶來的效益超過風險。然而，對於不同領域中所應用的奈米科技，受訪者卻表現出不同的態度，例如，奈米運用在食品科技方面，60%的受訪者便拒絕添加「奈米」於調味料，即使奈米可以防止結塊，且就算因此可以延長食物保存期限，也有高達 84%的受訪者拒絕在食物中添加奈米微粒(BfR, 2007)。

地球之友(Friends of the Earth)的研究指出，目前至少有數百種化妝品、防曬油與個人日用產品中含有工程奈米材料，這些商品包括：除臭劑、肥皂、牙膏、除皺霜、蜜粉、口紅等，這些含有奈米材料的產品在上市前並沒有足夠的安全評估，亦沒有任何的規範來保護製造者、公眾及環境，使用這些產品等於直接將人體直接暴露在奈米物質的風險下，這些產品的設計是用來直接與皮膚接觸，每天使用並吸入或攝取的機率極高，並增加奈米材料進入血液的可能性。英國皇家學院曾經建議，未經過相關科學諮詢機構進行安全評估前，奈米粒子不應該被使用在與

¹⁹ Nanotechnology, Trade Union Congress, http://www.tuc.org.uk/h_and_s/tuc-8350-f0.cfm, retrieved on Feb. 2, 2008

人體有直接接觸的產品中²⁰，然而即便科學界承認奈米材料用在化妝品及個人日用品上的風險，但目前並沒有任何國家制定出此類型商品製造與銷售的規範，也沒有規定產品應標記奈米及材料讓公眾可明智選擇使用奈米產品。化妝品的製造商宣稱，含奈米成分之防曬品及日用品對活體細胞與組織的毒性，並不是一個嚴重的問題，因為奈米粒子將會留在外層的死皮(dead skin)，但這種說法的可信度存疑，奈米粒子還是有可能藉由諸如痤瘡、濕疹或其他傷口進入體內，事實上，許多使用在受損皮膚上的個人護理用品並未考量到奈米材料的風險。關鍵的問題在於，我們無從得知有多少與奈米化妝品、防曬品有關的安全研究正在進行，有些製造商會宣稱，它們的產品是相對安定、其技術是安全的，也有針對這些產品進行安全性評估，然而，在缺乏公開透明檢驗、公眾無法取得相關安全性資料的狀況下，這些風險評估的可信程度仍受到質疑。

4.1.2.3 政策、社會與倫理等議題

所謂政策議題，主要涉及不同主體間的權力平衡，任何與科技相關的政策在考量或進行規範時，必須將所有利益團體的需求列入考慮，利益團體包括了研發人員(the developers)、投資人(the investors)、消費者(the consumers)及法制團體等在內。以政府、企業及人民在奈米科技發展中的互動為例，奈米科技的研發需要大量資金，因此有賴企業的投入，但企業或投資人關注的焦點在於「資金何時回收」，其他模糊、曠日費時的倫理法制則不在優先的考量範圍之內，因此，政府如何導入投資的同時並善加管制，以維護秩序及人民權利，便考驗著政府的能力，特別是在當今國際經濟局勢變動之際，國家政府的影響力逐漸消退，企業勢力取而代之，如何在權利與利益之兼取得平衡，更是值得關注²¹。

至於社會及倫理層面則涉及更廣泛的議題，包括風險與利益評估、資訊與同意、隱私權保護、成本與研究重點的衡量、商業化研究、公平正義、公眾信任與

²⁰ 同，註 16

²¹ “Nanotechnology: a preliminary risk analysis on the basis of a workshop organized in Brussels on 1-2 March 2004”, The Health and Consumer Protection Directorate General of The European Commission, http://ec.europa.eu/health/ph_risk/documents/ev_20040301_en.pdf, retrieved on Feb. 5, 2008

資訊透明度等²²。舉例來說，將奈米科技運用在微感應器或電腦上，固然有益於人類安全、保安、安全照護與商業監控的需要，但若濫用於隱蔽追蹤(cover surveillance)，諸如監控私人活動，則屬於未經合法同意收集他人資訊的行爲，勢必引發侵害人民隱私、自由或其他基本權利的疑慮。此外，在健康照護方面的應用，對於疾病預防及診治將提供突破性的發展²³；但開發改善人體機能的藥品也同時引起類似基因療法(gene therapy)的倫理爭議(Edna F. Einsiedel & Linda Goldenberg, 2004)。

一般認為，單純傳遞倫理訊息給人們並不等同於與社會大眾針對新興科技進行對談，奈米科技的進展需要投資與商業行爲，然而，相關的發展不會也不可能在隔絕的情況下進行，因此，正確的知識及真實發展狀況都應該隨時揭露給大眾，特別是關乎人類權益的部份。

2004 年英國皇家工程學院委託 BMRB 公司，針對一般民眾對奈米技術或態度的水平進行初步研究，在問卷樣本中，僅 29% 的受訪者表示聽說過「奈米技術」這個術語，當中多數均認為奈米技術會提高未來的生活品質，僅 4% 認為奈米技術會把未來的生活變得更糟，此外有 13% 的樣本則自發性地認為奈米技術的效果取決於其如何應用²⁴。在詮釋公眾對奈米技術的態度上，我們發現，公眾對於風險感知有注意並考慮奈米技術相關的任何長期的不確定性，參與者認識到步確定性可能帶來正面或負面效果，表示公眾對未來安全或環境影響存有疑問，且，在核能與其他許多風險問題的風險評估上，不確定性會被確定為初步評價的關鍵性因子。其次，關於奈米技術治理的問題上，就像對於長期的不確定性的擔憂一樣這些問題並非僅針對奈米技術，而是自其他技術問題的公共討論中所產生的問題，這可分為兩個部份：首先是公共機構的角色與行爲，以及這些機構將非預期結果

²² 關於社會方面的議題，可參考 The Social and Economic Challenge of Nanotechnology, Economic & Social Research Council Report,

http://www.esrc.ac.uk/ESRCInfoCentre/Images/Nanotechnology_tcm6-5506.pdf

²³ 奈米科技在醫學上的應用，可參考 "Healthy Challenges" , Nature Nanotechnology, Vol.2 No.8 Aug. 2007, p.451

²⁴ BMRB(2004). Nanotechnology: Views of the General Public. London, UK: BMRB International Ltd Report. <http://www.nanotec.org.uk/Market%20Research.pdf>

降到最低與規範的能力，正如 Wynne(2003)所指出，這些問題不是被誤導或是由非理性的公眾所提出，相反地，當接觸到非常真實的潛在風險時，它們實際上是非常合理的問題，同樣的，這些問題也不能被視為是反科學或反技術的觀點所引起的，因為我們從上述的問卷可以發現，許多人對奈米技術持有很高的熱情，相信科學將對他們的未來生活帶來影響；第二個部份是考慮到奈米技術在發展時的可能趨勢，誰能保證這個趨勢是對社會有益的？公眾在決定實現某些趨勢的決策上能發揮作用嗎？這些問題表達了公眾對技術在道德規範、社會方面及未來的治理上不確定性的疑惑，在涉及奈米技術的任何對話過程中，這些擔心都會被提出而且成為關鍵性的問題。BMRB 的討論中提到科學家在原子的標準上操縱物質來創造全新的材料，進而使得自然的規範變得混亂，把奈米技術與基因改造技術類比，基因改造技術引起社會的不安，隨之而來的奈米技術也有類似的問題，且其某些特定應用也可能引起嚴重的倫理兩難問題（如全新材料或性質的生產、材料/生物系統或有機體的應用）。



4.2 目前可知奈米技術的風險

4.2.1 奈米微粒毒性研究

美國羅徹斯特大學 Oberdorster 教授在第 225 屆 ACS 奈米技術與環境研討會上提出一份名為 Effects and fate of inhaled ultrafine particles 的報告²⁵，研究顯示，超細微粒(<100nm)較大顆粒更容易引發肺部發炎傷害，即使像 TiO₂ 等在大顆粒狀態下不具毒性的材料，當其為超細微粒時，也會誘發肺部發炎反應。超細微粒主要由高溫製程(如汽油燃燒或熔接)而產生，常發現存於都市空氣中，當吸入肺部時，這些顆粒會沈積在整個呼吸道中，最後會停留在身體其他部份，如肝臟、中樞神經系統或心血管系統，並展現出負面的影響。但是，在這些部位引起健康影響的

²⁵ American Chemical Society 225th National Meeting 於 2003 年三月舉行，本文提及的研究之摘要請參考：<http://oasys2.confex.com/acs/225nm/techprogram/P598970.HTM>

可能性仍未知。Oberdorster 及其同事發現，聚四氟乙烯(polytetrafluoroethylene, PTFE)微粒對老鼠具有高度毒性，當老鼠吸入剛生成的 PTFE 煙霧(尺寸約 18nm 的微粒)15 分鐘時，由於嚴重的急性肺部傷害，導致在數小時內老鼠大多死亡，當煙霧生成一段時間後，奈米微粒聚集成 130nm 大小的顆粒時，則較不具毒性，Oberdorster 認為此減少的毒性可能由於顆粒變大而改變其表面化學特性所致(簡弘民，2004)。

在同一場研討會上，美國 Johnson Space Center 的 Wyle 實驗室毒物學部門的 Chiu-wing Lam 提出一份名為「單壁奈米碳管在滴入老鼠肺部七天及九十天後之組織學研究」(Histopathological study of single-walled carbon nanotube in mice 7 and 90 days after instillation into the lungs) (簡弘民，2004)。單壁奈米碳管是一種廣泛在工業上應用的新穎材料，材質輕薄且可以在空氣中傳播，以氣管內滴入方式研究三種不同方法製造且含有不同型態或數量的殘餘觸媒金屬(鐵和鎳)之奈米碳管對老鼠的毒性，以含有 0、0.1、或 0.5 毫克的奈米碳管或參考粉塵(碳黑或石英)之懸浮物滴入每一隻老鼠(每組 4-5 隻)中，在七天或九十天時將老鼠殺死進行肺部組織生理學研究，研究結果顯示，碳黑會引起極微小的影響，高劑量的石英產生輕度/中度的肺部發炎現象；所有的奈米碳管產品則誘發一種因劑量而定的，在小葉中心肺泡隔膜內的上皮肉芽瘤，某些情況下，在九十天的試驗組中有間質組織發炎的現象，肉芽瘤由帶有黑色奈米碳管微粒的巨噬細胞聚集物所組成，在實驗七天的組別中，其傷害性較低。本研究的結論表示，在上述描述的實驗條件下，假設奈米碳管可以到達肺部，它們較石英更具毒性，如果隨空氣傳播的奈米碳管粉塵是存在的，則應該使用呼吸防護以減少吸入暴露。

4.2.2 工程奈米材料毒性研究

奈米材料在工業製程中運用最為廣泛，但僅有少數單位針對工程奈米材料進行相關的環境與毒理研究，目前也沒有一個共同的標準或原則來規範這些毒理上

及環境生態上的效應。在工程上，所有的物質在超過一特定濃度時都可能會對細胞、動物或人體造成傷害，因此在解讀研究數據時，必須先瞭解該物質在空氣、水、土壤中的濃度，才能針對可能的毒性效應加以判斷，隨著奈米科技的發展，奈米材料的工作人員在暴露危險環境下的可能性也增加，因此，保護職場工作人員變成重要的課題。

2004年初，美國國家職業安全衛生研究所(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)、太空總署(NASA)、萊斯大學(Rice University)及 Carbon Nanotechnologies 公司(CNI)共同發表了針對奈米碳管的初步暴露評估報告，以不同製程產生的奈米碳管為主，進行個人空氣採樣、環境採樣及手套樣本收集²⁶，分析個別製程中奈米碳管的粒徑分佈、金屬含量及推估總暴露濃度(鄭尊仁、雷侑蓁，2004)。實驗初步顯示，製程中沒有完全沈降的奈米碳管，會以微粒的形態釋放到空氣中，但在空氣中的濃度相當低，沈積在手套的奈米碳管則在 0.2mg 至 0.6mg 之間，但不論樣本是採自手套或者空氣，不同實驗室分析出來的濃度變化、粒徑分佈及金屬含量也都不相同，可見奈米材質的特性會因不同的環境在製程上有所變化，也因此，在毒性評估上需要一個標準化的製程，實驗數據才有辦法進行比較與分析。

4.3 英美政府對管制奈米相關技術的正式法規

4.3.1 英國

在前一節有略為提及，英國政府曾於 2003 年委託皇家學院與皇家工程學院執行一項獨立研究，名為「奈米科學與技術：機會與不確定性」(Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties)，報告針對奈米科技的產業應用、健康安全與環境可能的負面影響、法規議題、社會與倫理議題、利益相關者與公

²⁶ 研究報告請參考：Maynard A.D., Baron P.A., Foley M., Shvedova A., Kisin E.R., Castranova V., 「Exposure to carbon nanotube material: aerosol release during the handling of unrefined single-walled carbon nanotube material」, *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, 67:87-107, 2004

眾對話、與確保負責任的奈米科技發展等六大議題，提出二十一點建議(鄭尊仁等，2006)。英國政府則於 2005 年二月，協同奈米科技議題對話小組(Nanotechnology Issues Dialogue Group, NIDG)共同回應這份報告²⁷，說明政府對奈米科技風險管理的因應措施。由於目前只有微量證據顯示奈米材料的風險，因此無法明訂控制的材料範圍或制定相關法規，英國政府因而針對潛在風險發展了廣泛的研究計畫，以及開發一個針對奈米材料的自願報告機制(Voluntary Reporting Scheme, VRS)，VRS 主要是讓產業界及研究組織能夠提供政府相關奈米材料潛在風險的資訊，是一個自願回報的機制，這個機構的執行期限至 2008 年的九月。

另外，英國尚有其他官方與非官方的相關計畫，如英國環境食品與農村事務部(DEFRA)正在領導奈米科技潛在健康與環境的研究；奈米科技議題對話小組(NIDG)則負責協調政府單位與皇家學會、皇家工程學院間的對話；此外，亞伯丁大學、愛丁堡大學、納皮爾大學、職業醫療學會也共同建立了一個「安全奈米材料整合研究中心」(Safety of nanomaterials Integrated Research Centre, SnIRC)，致力於科學證據的提供，在安全的工作環境、公共與環境健康的前提下，促進英國奈米科技產業。

正式法規上，英國政府主要以「有害物質管理規則」(The Control of Substances Hazardous to Health Regulation 2002; Coshh)及「危險物質及可燃性氣體規則」(Dangerous Substances and Explosive Atmospheres Regulations 2002)來規範²⁸。

一、有害物質管理規則(COSH 2002)

本規則主要用以規範有害物質在研發過程中的不當暴露，以防止相關人員健康受到傷害，因此，當某事業從事生產該規則所公告的物質(在奈米材料的場所，必須為經公告的「特定」奈米材料)，則雇主應盡此規則所賦予的義務，以保護在場所內工作的員工。COSH 的防護步驟包括以下八點²⁹：

1、風險評估(Assess the risks)：評估工作場合內使用有害物質而可能產生

²⁷ 回應報告參考：http://www2.cst.gov.uk/cst/business/nanotech_final.pdf

²⁸ 英國法規可參考：<http://www.hse.gov.uk/index.htm>

²⁹ 參考：<http://www.hse.gov.uk/pubns/indg136.pdf>

的健康風險。

2、確認所需的預防原則(Decide what precautions are needed)：在未考量風險及必要的預防措施之前，不可讓雇員接觸有害物質。

3、防止或適當控制暴露(Prevent or adequately control exposure)：防止雇員暴露在有害物質之下，然而，當無法適當地預防暴露時，至少要合適地進行控制。

4、確保控制措施的使用與維持(Ensure that control measures are used and maintained)：確認控制措施在執行上是合宜且持續的，同時有遵循安全步驟。

5、監控暴露狀況(Monitor the exposure)：必要時，必須監控雇員在危害物質中的暴露情況。

6、執行合適的健康監控(Carry out appropriate health surveillance)：當COSHH 設下特定規範或是風險評估顯示必要時，必須執行合適的健康監控措施。

7、準備好處理可能發生的意外事故及突發狀況(Prepare plans and procedures to deal with accidents, incidents and emergencies)：隨時準備好處理意外事故或緊急事件所需的計畫及步驟，必要時可隨時執行。

8、確保雇員被妥善告知、訓練及監督(Ensure employees are properly informed, trained and supervised)：雇主必須提供雇員合適且足夠的資訊、設備與訓練。

英國的「有害物質管理規則」所規範的密度極高，不僅賦予雇主高度且多元化的義務，並且要求對有害物質暴露的完全封閉；此外，規則中所保護的對象，原則上擴及所有可能因雇主從事工作而受影響的人員，不論其是否為員工。

二、危害物質及可燃性氣體規則(DSEAR 2002)

本規則所處理的事項，在於給予雇主應近的義務，以保護相關人員在工作中能夠免於火災或爆炸的危險，無論是否為其員工。火災或爆炸的危險雖然不是奈米物質生產製造過程中所特有的風險，但因為奈米材料的活性增加，大大提昇火災或爆炸發生的可能性，因此，本規則在此處亦被提出³⁰。

1、風險評估(Assessing risks)：在從事事業行為前，雇主必須評估危險物質可能帶來的火災及爆炸風險，相關的評估包括：工作場所中的危險物質、與這些物質有關的事業行為、以及這些物質與事業行為對人體可能造成傷害的方式。

2、風險預防或控制(Preventing or controlling risks)：雇主必須執行控制步驟以排除危險物質的風險，盡可能地在合理的操作手段上減少該風險。但若風險無法完全排除，雇主至少要執行控制風險的步驟，並將火災與爆炸的影響減少到最低。完全排除風險的最佳方式是用其他物質來代替危險物質，或是使用另一種不同的工作步驟，然而在實際操作上這點可能難以達成，但雇主可以使用其他較不危險的物質來減低風險。

3、控制措施(Control measures)：當風險無法被消除時，DSEAR 要求雇主執行控制措施，包括：減少危險物質的量到最低；減少或避免危險物質的排放；在源頭控制危險物質的釋放；預防有害氣體形成；蒐集、控制並移除任何可能釋放到安全地點的危險物質；避開起火點；避免可能引起危險的不利條件(如將溫度調高到極限)；及，將不相容的物質分開放置。

4、緩和措施(Mitigation)：除了控制步驟外，DSEAR 要求雇主執行合適的緩和措施，而這些緩和措施應該與風險評估、及事業行為操作一致，包括：減少暴露在風險下的雇員人數；提供防爆的工廠；提供預防或減緩爆炸的設備；採取控制或降低火災或爆炸擴散的措施；及，提供合適的個人

³⁰ 參考：<http://www.hse.gov.uk/fireandexplosion/dsear/background.htm#whatdsear>

防護設備。

5、預備緊急計畫及步驟(Preparing emergency plans and procedures)：在處理緊急事件的準備工作方面，必須包括安全訓練、溝通與警示系統，同時必須與風險程度相稱。

6、提供雇員相關資訊、設備與訓練(Providing information, instruction and training for employees)：相關的資訊與訓練包括：工作場合中的危險物質，以及其他法令中提及的危險物質之相關資訊與安全性資料；相關的風險評估與控制步驟；以及緊急事件處理步驟等。這些資訊、訓練與設備同時也必須提供給與事業操作相關的非雇員，以確保他們的安全。

當自由活動的奈米粒子由可燃物質所組成，由於具有較多活性，倘若飄散於空中並且積聚為較大的數量，將更容易引起工作場所或實驗室的火災或爆炸，這種工安隱憂是奈米科技的另一種風險，因此，在法制上有必要尋求因應或管制的對策。對此，英國政府以「危險物質及可燃性氣體規則」加以規範，其形式與「有害物質管理規則」相當類似，皆賦予雇主高度且多元的義務，同時，規則所保護的對象也擴及於所有可能因為顧主從事工作而受有影響的人員，保護的範圍甚為廣泛。

4.3.2 美國

美國國會對於風險控管的議題已有所關注，在 2005 年尾，眾議院科學委員會舉行的聽證會中，環保與業界代表表示，聯邦政府對於有關奈米科技的環保、健康與安全問題，應該每年撥款一億至二億美元，但 Woodrow Wilson International Center for Scholars 的 David Rejeski 指出，真正用於環保與健康議題研究的聯邦支出，事實上只有六百萬美元，有些主題仍是完全未處理(Robert Olson & David Rejeski, 2004)。此外，在安全研究費用中，業界所分擔之負擔比例這點也引起爭議，包括杜邦(DuPont)等少數大型公司針對奈米安全進行重大計畫，但涉足奈米科技的

大多數小型企業，在該類型企業的經費中，很難有餘力去研究產品所造成的影響，因此過去四年來，專家甚至懇請美國政府支持一項讓相關單位密切合作且經費非常充裕的研究計畫，藉此探討奈米科技對環境與人類安全的潛在影響，但布希政府至今仍沒有為這種大型研究計畫建立通盤策略。布希政府在推動奈米科技環境衝擊的研究計畫上，進度穩定卻沒有顯示出加速的可能，實際進度比白宮訂定的期限還要落後許多，2003 年，布希政府成立了跨部門的「奈米科技對環境與健康影響工作小組」，由 FDA 主事，但至今這個工作組織完成了兩份列舉重要研究領域的報告，最近的報告在去年八月出爐，當中列舉了二十五個範圍非常廣泛的重點研究項目，諸如「評估對非生物與生態系統的普遍影響」，此外，這分報告也沒有進一步排出優先順序或指派特定研究項目給任何政府機構，工作小組承諾在 2008 年初會發表研究策略方案，說明研究方向，但尚未得知此指示會有多明確。

根據美國政府估計，2007 年美國共有七個政府機關進行與奈米科技相關的環境與衛生研究，投入總金額達四千八百萬美元，2008 年還計畫將相關預算提高至六千萬美元，但沒有人知道這個帳目數字有多接近事實，各個政府機關自己提報數字，研究計畫之間大多沒有協調合作，根據 Woodrow Wilson International Center for Scholars 的研究指出，美國政府宣稱在 2005 年會計年度中花費了三千五百萬美元，但實際上只有一千一百萬美元是投入與環境和健康議題「高度相關」的工作，所謂的「高度相關」不僅是公共健康與環境的風險評估，也包含了基礎建設的更新(如：奈米科技應用環境汙染問題的解決技術等)。此外，非官方的專家也指出，即便是官方訂定的奈米科技相關支出，還是少得可憐，2007 年 10 月美國眾議院科學技術委員會所舉行的聽證會中，作證的奈米科技產業代表及環保人士說明，與奈米科技相關的環保與衛生研究支出，應該佔所有奈米科技研究支出的百分之十，若依照這種比例分配預算，金額應該會達到一億三千五百萬美元，但實際上並沒有。

在美國現行法制層面上，被提出可能用以管制奈米級物質毒性的為「毒性物

質管制法」(Toxic Substance Control Act; TSCA)。此法的目的在於規範顯現出對於人體健康或環境可能造成的不合理危害(unreasonable risk)的化學物質，以及對於該項可能的危害採取相關控制或抑止行動。

TSCA 規定，製造有毒物質者必須提供有關影響公共健康與環境的資訊，但此法也考量到科技發展需要彈性的法制，因此 TSCA 的實施，不可有過度或不必要的限制，而影響了科技的進步。此法提供：化學物質目錄(inventory of chemical substances)、新化學品檢視(new chemical review)、既有化學物質檢測(testing of existing chemicals)、化學品直接管制(direct regulation of chemicals)、報告/紀錄留存要件(reporting/record-keeping requirements)、及進出口要件等機制(import/export requirements)，提供給美國環境保護局(EPA)運用³¹。

根據 TSCA，EPA 是管制毒性物質的主管機關，負責檢測(testing)、生產前核准(pre-manufacturing approval)、製造(manufacturing)與銷售(distribution)事項。TSCA 同時規劃出三種需要 EPA 進行檢測的情形：首先，凡是化學製品或化學物質，可能表現出有傷害健康或環境不合理的危害時，EPA 皆可對其加以檢測；其次，對於沒有足夠資料或經驗可以預測新化學製品的毒性影響時，EPA 可以要求檢測；第三，如果化學物質是被量產的，或即將被量產，而有大量暴露於人體或進入環境的危險時，亦可要求檢測(§2603)。而廠商在製造新的化學物質之前，必須得到 EPA 的前期獲准(prior approval)，以顯示該化學物質不會對環境或公共健康造成不合理的危險。此外，製造商在製造或加工前亦須通知 EPA，且必須提出資料，說明製造、銷售、使用或處分為甚麼不具有對人體或環境造成傷害的不合理危險，如果 EPA 的官員發現該物質顯現出不合理的危險，或依據既有的資料無法有效地評估結果時，EPA 可以核發命令限制或禁止該化學物質的使用或製造(§2604)。最後，根據§2614，當使用者已知或可得而知化學物質的製造、加工或銷售有違反 TSCA 所規定的任何條款時，相關的商業用途是受到禁止的（劉憶成，2005）³²。

³¹ 參考：Nanotechnology & Regulation: A Case Study using the Toxic Substance Control Act (TSCA)

³² 同時參考美國 EPA 核准之 TSCA 法案：<http://epw.senate.gov/tsca.pdf>

從法令層面分析，TSCA 是目前主要適用於管制毒性物質、規定製造或生產毒物者應遵守的法定要件，並且賦予 EPA 監督管理權責，但根據 TSCA 規定，奈米級的物質是否受到此法令的規範，必須先判斷此物質是否屬於法令中的「化學物質」或是「新化學物質」，然而，在奈米技術下，常會發生化學成份雖保持相同，但物質的基礎特性卻已改變的情形，也就是說，某項物質在大分子的結構底下並不會成為 TSCA 所規範的「化學物質」，但成為小分子的奈米級物質時，可能因為基礎特性的改變而導致毒性產生，但卻因為化學成份仍相同，仍不被歸類為 TSCA 所規定的「化學物質」。因此，TSCA 的規範並無法反映出物質在巨大與微小尺寸上的差異性，進而造成規範不周的情形，同時也表示了，現有的 TSCA 在應付快速發展的奈米技術產業上，仍然存有高度的不確定性。

4.3.3 德國

在德國政府方面，聯邦機構亦開始進行相關的研究(Nonuser Spotlight,2007)，例如：聯邦環境局(Umweltbundesamt, UBA)已完成一份關於監控不足與選擇上的研究，這分研究主要在檢驗歐盟(REACH)及德國化學與環境立法；聯邦職業安全與健康研究所(BAuA)與化學產業協會(VCI)進行一份問卷，以澄清化學工廠及研究單位內的奈米材料暴露及風險控管；聯邦職業安全與健康研究所(BAuA)、聯邦風險評估研究所(BfR)及聯邦環境局(UBA)共同執行一份研究計畫，探討工人、消費者的健康與環境議題，在研究過程中並與業界、科學、政策及非政府組織的風險承擔者進行討論；此外，消費者委員會針對奈米科技進行一項實驗計畫，此實驗計畫由聯邦風險評估研究所、環境關懷獨立研究所(UfU)及生態經濟研究所(IÖW)一同進行，它運用丹麥共識會議的模式並經由聯邦風險評估研究所檢驗，成為一種擴展風險溝通的工具，籌劃共識會議意味著，透過消費者團體在風險與利益的討論，讓 BfR 的法令落實，這也是德國第一次有公共機構運用共識會議來進行奈米風險的溝通。

德國政府在 2006 年由聯邦教育及研發部(Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF)發佈「奈米計畫-2010 年行動方案」(Nano Initiative-Action Plan 2010)³³，參與的政府單位包括：聯邦環保部(BMU)、勞工暨社會事務部(BMAS)、消費者保護、食品和農業部(BMELV)、國防部(BMVg)、健康部(BMG)、聯邦經濟與技術部(BMWi)。其中「NanoDialog」計畫為 Action Plan 2010 的架構之一，由 BMU 負責收納來自其他聯邦部會、產業界、學界、協會等各種團體之利益關係人(stakeholder)，對於奈米科技的機會與風險的看法及關切點³⁴。「NanoDialog」旗下包含三個工作小組，以下進行說明：

1、環境與健康的機會(Opportunities for the environment and health)：負責提供關於生態環境保護、消費者保護、與公眾健康保護的適切規範；提出奈米材料的使用定位與未來發展程序。

2、風險與安全研究(Risk and Safety research)：列出優先研究順序，提出奈米材料風險評估的建議。

3、奈米材料合理使用的指導手冊(Guidance document for a responsible use for nano materials)：奈米材料用於風險預防特定量測的指導手冊，資料管理的建議，商業部門執行完成的紀錄。

在這邊要特別舉出德國一個非營利組織，德國工程師協會(Verein Deutscher Ingenieure, VDI)，由近十三萬工程師與自然科學家所組成，該組織於 2004 年八月與歐盟共同發表「Nanosafe I」專案報告，名為「奈米材料的工業運用－機會與風險」(Industrial application of nanomaterials – chances and risks)，此專案由九個來自歐洲的實驗室、大學、國際公司與機構共同執行，內容匯集科學文獻、網路資源、工作會議、與專家訪談的結果，報告則主要是評估奈米微粒製造對於職場工作者、消費者與生態環境的影響，及各產業的職場工作者與消費者安全的立法討論、降低奈米風險的政策建議。這個專案報告重要的地方在於，它是一個科學界

³³ 行動方案請參考：http://www.bmbf.de/pub/nano_initiative_action_plan_2010.pdf

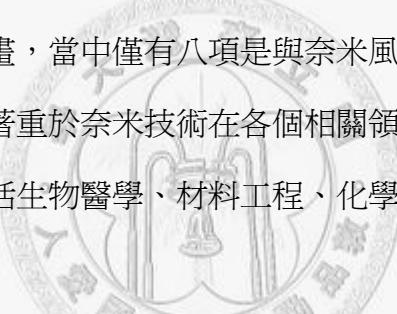
³⁴ 參考：<http://www.bmu.de/english/nanotechnology/nanodialog/doc/40549.php>

自主性產生的一個研究報告，不僅影響了德國未來在奈米風險評估上的架構，更廣泛地影響了整個歐盟在面對奈米風險上的態度。「Nanosafe I」在 2004 年結束，歐盟在 2005 年繼續贊助「Nanosafe II」第二期專案，二期專案將維持四年，至 2009 年結束，專案內容則擴大產業奈米微粒製造安全的風險評估與管理建議。

第五章 專家在奈米風險治理中的爭議

5.1 傳統學科區分影響風險治理的態度

在奈米國家型計畫中，筆者發現政府在對奈米產業的投資上主要強調的是奈米技術的研發，這點可從國家型計畫中子計畫通過的數量得知。在四項分項計畫中共有三百三十七項子計畫，當中僅有八項是與奈米風險有直接相關聯的研究計畫，其他的研究計畫還是著重於奈米技術在各個相關領域的應用。奈米科技可應用在許多不同的學門，包括生物醫學、材料工程、化學、物理等，根據計劃辦公室人員 A1 指出³⁵：


奈米型國家計畫主要還是以工研院為主體，偏重傳統產業的加值研發，其次是電子光電產業的發展，將奈米這樣新的技術應用在傳統產業上，希望可以讓這些產業獲得更多發展的可能.....

計劃主要負責人 A2 也提及：

工研院自身投入研究計畫外，也希望刺激國內業界投入更多資金在產品應用上，目前確實也吸引多家化工、家電等傳統產業的投入。.....，奈米科技的潛力是在系統發展，而不只是材料科學的發展。

從兩位計畫相關人員的言談中可發現，國科會在發展奈米國家型計畫時，資金的補助還是以奈米技術研發、基礎應用為主，最終目的是希望引起產業界的重視與投資，期待傳統產業能夠透過新的技術而往不同方向發展。在訪談過程中，

³⁵ 在訪談過程中，由於某些受訪者不接受錄音，基於研究倫理，故本研究採匿名制，改以英文代號稱之。

不只一位受訪者提到，世人應該將奈米技術視為一平台技術，由於奈米科技的原理是，將任何可能的物質縮小至奈米尺寸，它會發展出特殊的物理、化學和物性質或現象，將原子或分子組合成新的奈米結構，並以此為基礎，設計、製作、組裝成新的材料或系統，產生全新的功能，等於說這是一種「由小而大」的製作過程，然而現行科學研發中所使用的物質千百種，以目前的發展來說，不論是研究者或者業界都無法確認所有物質在奈米粒徑下所產生的物理、化學性質，就現在來說，我們可得的資訊主要針對那些廣泛應用的奈米粒徑大小物質，諸如奈米碳球、奈米碳管等。在進行相關物質的研究過程上，各個不同學門針對各自的需求對於奈米技術進行研發，其實這種情形不只見於奈米技術研發，從過去的經驗可得，一項新的技術從研發開端是源自於某一學科發現此等技術的重要性而進行研究之，技術成熟後將其商業化量產以應用在日常生活用品上，在科研觀點看來是可以促進人民生活的便利性與進步，但從使用者的角度出發，除了上述這個優點之外，實際上人們對於這項科技以及相關的應用過程是不了解的，直至目前為止，科技研發仍屬於一種閉門造車的狀態，傳統學科的分野涇渭分明，這種研發方式影響了兩個層面：首先，技術被研發出來之後販售給需要的製造廠商，廠商著眼於相關的利益而將其大肆利用，但因為不知其可能產生的風險而最終導致不可收拾的結果，這樣的風險可能影響了生態環境或人體健康，最近的例子是韓國 Samsung 公司所生產的”Nano Silver”洗衣機，洗衣過程中排放的廢水含有奈米銀，奈米銀本身具有強大的抗菌效果，在洗衣過程可能將多數細菌殺死，但廢水排放至環境中卻也可能殺死環境中有益的菌類進而造成生態平衡上的破壞，但就 Samsung 公司本身而言，抗菌效果是當初公司購買奈米技術並應用在洗衣機上最大的動機，隨後產生的這些對環境構成損害的風險則並未在當初的考量之內；傳統學科分野影響的另一個層面則直接與人民有關，當這些應用奈米技術所製造出的產品出現在市面上，人們購買進而使用，人們對於產品的認知僅限於廣告商所提供的產品優點、以及相關的使用說明，但對背後一些研發的過程或可能產生的毒

性則是一無所知，倘若該產品使用過後對人體造成一些健康上的危害，人們往往一開始是不知道問題從何而生，我們從現有的奈米毒理數據中可以發現，奈米微粒會累積在有機體中被活細胞所吸收，奈米毒性因而累積在有機體內，甚至某些奈米材料若被細菌所吸收，則會隨之進入食物鏈中，這是另一種累積毒性的路徑，從前述所提及的 Nano Silver 洗衣機為例，當這些含有奈米銀的廢水排放到環境中，水中生物吸收再經由食物鏈，最終還是回到人體裡，透過食物鏈，體內所累積的毒性有增無減，換句話說，人們最初在使用洗衣機時受惠於奈米銀殺菌的功效，但最終奈米銀的毒性卻可能反饋累積在人體而對人們造成健康上的危害。

5.2 風險治理議題中 專家的態度與討論

針對奈米國家型計畫中的風險治理問題，參與的研究者基本上都認同這個議題的重要性，在國家型計畫中主要負責風險議題的單位是環保署、衛生署及勞委會，環保署研究人員 A3 指出：

環保署一直以來都對空氣中的懸浮微粒進行監測，這些微粒有許多都是奈米顆粒的大小，包括在交通繁忙路口量測紀錄，而且，我們現在說奈米顆粒好像是一個很新的東西，但實際上這東西很早以前就存在在我們的生活當中，只是我們之前都沒有提出來……

環保署應該是最早參與奈米風險健康監督的單位，早在 2003 年我們就已經跟奈米國家型計畫進行合作，2004 年衛生署才有國衛院的奈米醫學科技研究中心，勞委會加入已經是更之後的事情，在這兩年中，三個單位一起成立 EHS 小組，就是要對奈米健康風險作一些研究，這是國家型計畫中很重要的一個部份。

國衛院奈米醫學中心人員 A4 也提及相同的論點：

國衛院這邊有一些新的儀器設備，就是用來監測奈米材料的毒理資訊，像是穿透式電子顯微鏡、掃描式探針顯微鏡，藉著這些儀器我們希望可以得到多一點跟

EHS 有關的資訊。

然而受訪者們也都提到一點，不論是台灣或者各個先進國家，奈米科學的研發屬於一個新興的領域，目前來說就是累積經驗與相關理論資訊的一個階段，研究人員 A1 便形容：

如果我們把這東西分成小學、國中、高中、大學，現在的奈米技術還在小學的階段；

同樣的觀點也出現於研究者 A4 的訪談中：

我們拿 IT 產業來做比較，我們現在看到 IT 產業發展得這麼好，但之前可能有十幾二十年的研究路程要走，奈米科技也是一樣，我們現在正在走的就是 IT 產業那個二十年的累積過程。

對於這些學者們來說，科技研發本身與人體風險之間並不會有直接的相關性，也就是說，科學與技術應該分開來看：

Science 這個東西是沒有辦法阻擋的，它是不斷前進的，在 science 的部分我們應該做的是去規範，規範在發展過程中應該要注意的事項；國家要進行管制的部分應該是 technology，也就是 science 研發之後的應用，technology 本身應該是可受公評的一個範圍，像是技術要應用在哪些商品上、私人企業設廠製造哪些產品，政府若要介入應該是從這個層面進行介入。(環保署研究人員 A3)

研究者本身要對技術進行深刻的了解，要了解說這個技術想要解決的問題是什麼。全世界都還沒辦法完全確定 nanotechnology 對人到底是好處還是壞處，但就現在來看基本上應該是好處，因為它可以拿來應用，只是在應用過程中你就要把他的壞處拿掉，這才是對人類有幫助，對科技發展是一種正面的方向。(研究人員 A1)

從上面兩位受訪者的談話中，筆者發現科研專家與實際研究風險管理的專家在「風險」概念的認知上有極大的差異存在，我們當然承認 A1 的說法，研究者會對自己的研究進行深刻的了解，但風險本身具有隱匿的特性，實驗室的控管、或

者是對技術的規範或許在現狀而言是足夠的，在進行訪談時筆者對 A1 提及之前工廠生產石棉而對工人健康危害的案例，A1 對此的回答是：

石棉與奈米不一樣的地方，石棉會到處飄，然後被人體吸收，奈米已經放在產品裡面不會到處飄，會出現問題是在製造過程中，工人可能會吸進去，而工廠本身就有粉塵，現有社會的環境系統有很多我們不知道的東西存在在環境中，奈米科技剛好喚起我們的認知，所以我們知道進工廠要戴口罩，要現場偵測有沒有奈米粒子跑出製造系統，所以有 EHS，目前還沒做得這麼廣泛，是因為做奈米的工廠比較少，而有做奈米的工廠之前就已經有 EHS 的準則，這東西本來就有在注意。……，時代背景不一樣，現在所有研究的技術都會觀察，對人體會有什麼影響、會到人體哪個部位，不會有過去石棉那種過了二十年後發現對人有害的狀況，但是，再好的 Task 也會可能有問題，這就是系統知識沒有完備。

然而不同領域的研究者在觀察奈米國家型計畫時，則持不同的看法，在訪問台大公衛所研究人員 B2 時便提到：

國家型計畫裡面雖然有跟奈米風險有關的研究，但跟其他的研究比起來就是少很多，比如說那個中山大學的研究，它也只是這幾年才開始有的東西。EHS 我們都知道一直以來有在做，但是奈米科技的性質就是一個未知，以現在這種 EHS 去進行管理，還是有不足夠的地方。

雖然說目前業界在利用奈米技術時，是將奈米粒子鑲嵌到產品內，諸如：馬桶(自潔馬桶)、油漆、燈管等，根據研發者或業者的說法，這些東西經過反覆的測試，因此在使用過程中並不會逸散出來，也不會對人體造成危害，但在這裡筆者要指出一個問題：如果使用者長期使用這些產品、有長期性的接觸，是否奈米粒子會因而散發出來，這需要長時間的觀察與紀錄，但從商業立場出發，毒理研究或者風險研究有時間性的限制，對業者而言不可能針對某一商品進行如此長時間的研究，研發者轉以另一種風險研究方式取而代之，研究在高濃度、高劑量的狀況下對人體的危害，但基本上這樣的研究設計本身是有問題的，因為在正常使用

情形下不會有使用者密集地暴露在高濃度、高劑量的環境中，但毒性卻可能累積在人體無法排除，因此短時間來看並不會有問題，但長時間下來就有可能對人體造成影響。

在風險研究領域中，為要對風險議題進行討論評估時，會利用 peer-review(同儕審查)的方式，透過這樣的程序可以對風險議題進行更廣泛的討論並廣納更多的意見，但在與 A 提及 peer-review 的部份時，A1 表示：

Peer-review 的部分一開始不會是大量參予，技術研發的階段就是從技術面著手，所以只會找相關領域的人來檢視，應用的時候才會找與公衛有關的人員參予，後段有不同領域的人員進入才會有意義，像奈米標章就會有衛生署、標準局、勞委會的人加入，技術的前端是不需要的，只要你能做出來，後續才會有安全性的問題，一開始純粹技術面分析，你要看也看不出所以然。

如果從科研專家的角度出發，上述的觀點看似正確，然而在實際的狀況中，我們無法把 peer-review 的過程如此單純看待，中間會有兩個因素加入影響，首先，科技研發的經費來源與使用目的，對實驗產出及之後的審查過程會造成影響，雖然說奈米國家型計畫的經費源自政府，但從參與計畫的人員背景、以及計畫本身的宗旨來看，最終的產業發展為目的的情形下，前端的技術分析審查過程就越形複雜；在這樣的前提之下就會衍生出第二層的問題，當公衛人員在後段的應用過程中加入 peer-review 任務，他們所接收到的資訊以及能夠提出意見並進行更動的權限有多大，這也是一個值得商榷的問題。研究者 B2 對此也有相同的顧慮：

你在訪問這些研究者的時候，他們一定都會跟你說有啊，我們有做 peer-review 的部份，但實際上公衛方面的研究者參予及能夠發揮影響的能力還是有限，他們都會說這些相關知識不是我們能夠懂的，可是公衛要做的是毒理學的研究，這東西不管何時加入都不會太早，等到技術都已經要量產了才在那邊做毒理學研究，這樣就會太晚。

在筆者訪問的所有與奈米技術相關的學者中，沒有一位能拍胸脯保證奈米技

術的安全性，計劃相關人員 A2 便承認：

發展奈米科技的問題在於他的長期效應不容易被觀察到，就像 CFC 這東西，如果不是從大氣層飄到平流層，我們也不知道這個化學品會破壞臭氧層，或者是你提到的石綿，它原來的功用是隔熱啊，效果很好，但是對人體健康會造成傷害，這些東西一開始都很難馬上判斷它的好壞，奈米也是，只能權衡之後做取捨。

不同的研究者對這種可能出現的風險會採取不同的應對方式，奈米國家型計畫成員的態度傾向倚靠計畫中的 EHS 系統，認為透過環保署、勞委會及衛生署的合作可以對奈米科技的風險作出良好的控管，但在筆者訪問台大醫工所研究人員 B1 時，針對奈米技術在醫學工程上的應用與風險，他提出了比較不同的看法：

奈米現在應用在醫學工程方面主要是在 *Diagnosis*(診斷)，在 *Treatment*(治療)上的應用比較少，主要就是因為我們在風險這方面的研究太少，*diagnosis* 跟 *treatment* 比較起來，對於人體的侵入性會比較小。一開始在做奈米的 *diagnosis* 上，除了化學、生物化學領域的參與之外，就有對這種科技的 *reliable* 程度進行研究，因為這對人體會造成直接的影響。奈米技術目前如果要用在 *treatment* 的話，都是用來做藥物的投遞，就是標靶藥物，已經在做的就是跟結腸癌或者腎臟病變有關的藥物投遞。但就我所知道的、我周邊的研究者在做這些研究的時候，奈米科技都是應用在將蛋白質進行分解，這種東西叫做「明膠奈米顆粒」(*gelatin nano-particles*)，本身是一種可以被人體吸收而且無害，因為它是由動物皮質取出來的，用來做藥物的載體比較不會有安全上的顧慮。

同樣是使用奈米技術，筆者發現，醫學工程方面的研究者的確會比其他領域的研究者對風險議題採取更謹慎的態度，我認為這不僅因為醫藥研究對於人體所造成的影響是立即且直接的，研究者本身的學術養成歷程更是關鍵性的因素，包括醫病倫理、藥物使用相關重要議題等，都會影響醫學研究者在這方面的考量。

在本研究的受訪者中，與 E 所持觀點較為接近的為國衛院奈米醫學研究中心的 A4，當筆者與 A4 討論與奈米標章相關的議題時，他提到在過去擔任國科會自

然處審議委員以及工研院研究顧問時，曾經參與業界申請奈米標章的審核會議，A4 在談話的語氣中約略有表達出對奈米標章的審核過程的些許不滿，但同時也說明，奈米標章的審核中間會參雜許多因素，沒有辦法單純地就針對商品或者風險進行審核，A4 提到產業界對商品上市的時效性問題，多少對於奈米標章審核通過與否會有一定程度的影響。這種種過程都影響著國衛院在進行奈米風險研究的作為，從國衛院主要執行工作內容進行分析，筆者發現，國衛院奈米醫學中心除了配合奈米國家型計畫中 EHS 的計畫，這屬於規範性的部份，另外醫學中心本身也進行奈米粒子的生物安全性研究，更重要的是，醫學中心利用在中心網頁放置科普動畫宣導奈米科技的知識及安全性評估

(<http://cnmr.nhri.org.tw/media.php?feed=89>)，根據 A4 的說法，醫學中心的用意是在研發的同時，也希望能有更多的人能夠以更便捷的方式去了解奈米技術：

奈米這個東西，你說它新也不新、舊也不舊，聽起來好像很複雜，但實際上我們環境中很多東西的規模本來就是奈米粒徑了，只是一般人一開始聽到”奈米”這個詞就覺得好像很難懂，事實上也是，因為你光聽這樣也不知道他到底可以用在哪、會有什麼功效、對你的生活或健康會有什麼影響，我們也知道這種東西用在商品上面，業界一定會宣導它有多好用、多棒，因為要賣錢啊，可是就像你說的，他是有風險存在的，雖然還不是很確定，不是只有台灣、世界各國都一樣，毒理數據還在累積資料的階段，所以我們就用一般人比較可以接受的、動畫的方式讓人們來了解這個技術到底是什麼、它的安全性評估是怎麼樣。

A4 在這邊點出一個重要的觀念，就是奈米教育的推廣，在訪問 B 時她也提到奈米教育的重要性：

我們國家型計畫裡面有一個很重要的部份是 K-12 的教育，教育部去執行的方案，從國小開始一路到高中的奈米教育，我們是希望從小學生的階段開始教育他們對於奈米的正確認識，相關的計畫裡面也有配合這個 K-12 教育的人才培育計畫。

但在奈米教育的計畫裡面，主要都是在教育學生與奈米技術應用相關的知

識，雖不能說完全沒有提及奈米風險有關的教育，但以比重上來說就與奈米國家型計畫一樣占比不多，教育也是國家型計畫中重要的一環，從教育部的計畫中筆者再度發現政府對於風險治理部分的忽略。

回到國衛院奈米醫學中心的部份，雖然說醫學中心將奈米安全性知識與技術以科普動畫的方式呈現，但會接觸到這些資訊的還是屬於一些特定的團體如奈米科技研究人員、或者對奈米技術有興趣的人士、需要做報告的學生等，一般大眾很少會主動去接觸這些資訊，資訊如果沒有被利用，其價值就會減低許多，所以在醫學中心的部份，不僅是要增加風險知識的內容，同時更應該要透過各種管道來宣傳醫學中心本身有這些資訊可以提供人民利用。

一般來說，奈米國家型計畫中的學研專家對於風險控管的議題普遍都持比較樂觀的態度，不管在資料豐富程度或者法規層面。例如在法規的面向，A1 在訪談中提到：

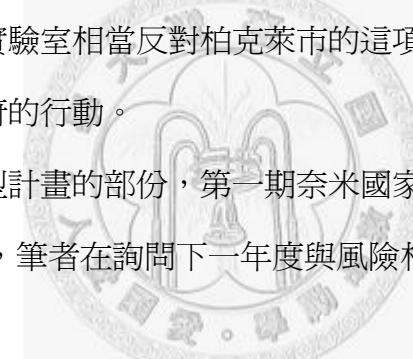


法規是不可能全面改變的，因為現行法規已經 support 這麼多系統的運作，所以現在頂多就是在某些方面增修。系統一直都有在注意，但要先有需求，系統需求就會配合，雖然大家在風險上一直在講，但就技術面分析，有哪些地方需要配合，都有論壇在討論、同步在做，沒有完整的系統的前提下，也不能太要求，因為畢竟這才剛剛開始。像台灣現在已經做得很不錯，雖然我們不是 ISO 的會員，但是透過亞洲奈米論壇參加討論，我們在論壇裡面提出目前的狀況，全世界最新的技術都在那兒可以互相討論，已經連續作了很多年。

在亞洲奈米論壇的部份，其第三項主要目標「為促進公眾認識及教育，論壇成員應共享資訊、建設，並針對此領域的研究與活動進行合作」，這項目標可以被歸類為奈米論壇在風險控管中的努力，因為此目標的第二個子項就是要針對社會、環境與健康議題進行討論。再者就是法規的部份，在訪談 A3 時他也同樣提到法規的重要性，但他也強調，不管是哪一種法令的規範，它的制定會是一個冗長的過程，以現在來說，若要將法規全面革新以配合現在的奈米技術這種作法是不

可行的，而要制定全新法規這更是個不可能的任務，不僅因為資料齊備程度不足，也是因為現在許多正在進行的奈米研究實際上是針對現存物質進行改造變化，既有物質已經有法規在規範的狀況下，再去制定新的法規可能會與舊法有所衝突，更何況在必要性上面也會受到質疑，所以，目前所做的就是針對現有法規、在毒理數據做出來的前提下進行調整。基本上這種情形也出現在其他正在做奈米研究的先進國家中，包括美國、英國等國家目前針對奈米技術的控管都是採取這樣的作法，不過美國柏克萊(Berkley)市議會在 2006 年通過既有有害物質法令修正的決議³⁶，企圖涵蓋奈米物質的使用，這是奈米科技地方性立法的首例，當這法規通過後，研究人員與製造人必須在研究或生產過程中，申報所使用的奈米材料，以及提出有效管理奈米物質的證明，這項法規主要在於監管奈米新創事業或小型企業，一開始美國的國家實驗室相當反對柏克萊市的這項計畫，但經過溝通則表示未來將繼續支持該市市府的行動。

回到國內奈米國家型計畫的部份，第一期奈米國家型計畫將在 2008 年結束，2009 年將開始二期計劃，筆者在詢問下一年度與風險相關的計劃時，研究者 A1 說明：



前六年我們已經對奈米技術有一些基本的認識，也和國外的國家進展的速度差不多，所以接下來的計畫整個架構會有所改變，第二期會分成五個領域，現在是各部會做各部會的，第二期會整合起來以領域做區分，但是我們會有一個”前瞻研究領域”為第六項，這個領域是要幫前面五個領域作一些學術上的 support，比如說，以目前的能力我們可以進行前兩年的研究，但為了要達到最終的目標，之後四年的一些相關技術就需要這個前瞻研究領域來協助。你剛剛提到的那個風險治理的部份，就會被納入這個第六項前瞻領域研究中。

對於接下來的二期國家型計畫，研究者 B2 則表示：

如果第二期計劃對奈米風險的強調能夠更多當然是很好，但還是要看他們怎麼

³⁶ 參考：<http://www.iht.com/articles/2006/12/12/business/nano.php>

去分配這個經費，像之前的結案評估，跟風險有關的討論就還是很少，但不管國內或國外的研究都已經說明，這個方面是很重要的，第一期跟這個有關的研究又很少，結案評估裡面應該要提出這一點，可是最後做出來的評估並沒有，所以，還是要看他們二期計畫裡面到底要怎麼弄，現在講還是有點太早。

從政府分配預算的比重中可以看出一國對於該項議題的重視程度，以一期奈米國家型計畫中得知，風險相關的研究經費占比不到 5%，但根據美國的研究指出(Goldston,2007)，奈米相關的衛生與環境研究支出應該達到所有奈米科技研究支出的 10%，國內情況與美國相同，在風險研究上的支出明顯不足，展望二期國家型計畫，誠如研究者 B2 所說，得端看政府最後究竟如何分配研究經費，我們才能了解究竟風險研究是不是受到足夠的重視。

5.3 小結



從與這些學研專家訪談過程中，筆者受益良多，但在最後這個小節筆者想要提出一些看法。首先是學科養成的部份，在篩選訪談者的過程中筆者挑選理工背景的受訪者，這些學者長期受到實證主義及科學主義的影響，在學術養成與研究過程中習慣以實驗數據作為根據，當實驗條件控制妥當、排除人為因素等條件的狀況下所產出的實驗，研究學者將其當成最終的結論，並以此應用在技術及之後的產品上，有證據確鑿的數據當背景所以理當不會出錯；這與社會科學研究者的教育背景有所差異，也造成往後對於風險認知的不同。使用者身處的環境畢竟與實驗室不同，在使用或應用的過程中會參雜太多人為因素，但這些東西在實驗室的條件下都是被排除的，在訪談當中受訪者經常舉出類似的例子，某些立意良好的技術或商品，因為使用者的使用錯誤而導致嚴重的後果³⁷，這樣的看法也衍生出我接下來的兩點。

³⁷ 關於這點，A1 舉”刀子”這個例子，提到刀子對人們日常生活的用處很大，但是就是有人會拿來為非作歹；A3 則以農藥做例證，適量的農藥對農民的耕種與農產品有幫助，但若被人們食用就會對人體造成影響。

第二就是社會學科或公衛學者介入的時間點，科研專家認為適當的介入點是在後端的應用階段，但如同前面所提及，技術研發的經費與目的對實驗結果會造成影響的情形下，社會學科或公衛學者在後端的應用階段才被邀請介入，通常能夠影響甚或翻盤的機會也大為減少，對科研專家而言，研發層面牽涉許多專業的資訊及技術，不是輕易可以理解的，對於那些關懷相關議題的社科或公衛學者來說，介入的用意也不是要干涉研發流程，而是提出不同的見解，發揮一些制衡的力量，至少不會讓該項技術在具有高度風險的狀態下研發出來或被利用。第三點則是資訊流通與教育宣導的重要性，資訊流通的部分主要是指不同學科之間資訊的交換，這與前述第二點相呼應，當資訊流通管道是暢通且便於取得的時候，能夠降低非該門學科研究者進入的門檻，對那些同為門外漢的民眾來說，也能夠更快速地了解新興科技的發展應用及對自身所產生的影響，不論該影響是正面或負面，這些資訊都應該被公開且容易獲得，美國 *Nature* 期刊於 2007 年底曾經刊登一篇報導，內容指出雖然公眾與科學圈對奈米科技的發展皆有所顧慮，但中間差異甚大，民眾主要關注隱私權侵害、軍事及恐怖攻擊上的應用及工作機會的減少，而對於造成更多污染以及不可預料的健康問題這些部份則較不重視，這與過去的科技研發狀況相比，是一個很特殊的景象，會造成這種情形主要的原因就是因為科學家本身對奈米相關風險雖已進行辯論，但公佈出來的資訊太少、進行的速度也太慢，其次是因為媒體與業界積極報導奈米的好處，對風險則輕描淡寫帶過，給予民眾扭曲的觀念。對於奈米科技來說，學界與業界比起政府及管制單位是握有更多關於技術及風險層面的資訊，因此，相關學者及產業界應該直接與公眾進行溝通與教育，讓人們更加認知到奈米科技的真實面向，並填補公眾與科學家之間對於奈米風險感知的鴻溝。

第六章 國家在風險治理中的角色

6.1 我國政府現行方式

6.1.1 對奈米風險治理的態度

根據環保署科技顧問室的說法，在「奈米國家型計畫」裡，環保署在第一期(2003~2005 年)計畫中配合國際上對奈米風險的關注趨勢，推動「負責任的奈米科技研發及生產環境」以及加速「奈米科技在環境領域之應用」兩大主要目標，在這三年中共執行了七個計畫，投入經費 2226 萬元，成果可歸納為「科學及工程研究成果」以及「協調政策研訂及實務推廣成果」兩大類：

1、科學及工程研究成果：建立 SMPS(掃描式電移動微粒分析儀)大氣環境奈米微粒數目濃度量測技術，用以測量國內奈米微粒數目濃度在大氣環境中變化的相關背景資料³⁸；生物奈米金材料製備技術及對空氣污染物等的去除能力研究，讓奈米金配合上活性碳和二氧化鈦等載體材料進行污染防治上的功能評估³⁹；高性能氧氣氣體感測器之開發，可針對有害氣體進行偵測、控制、清除等工作⁴⁰。

2、協調政策研訂及實務推廣成果：在這個部份的成果，主要針對國際訂定奈米四大主軸議題⁴¹提出研究報告以及我國因應對策報告。此外，在國內的部份，則建立奈米材料製程環境衝擊評估模式，建立奈米微粒逸散或暴露之評估程序，進行個人防護具及工廠防制設備性能評估，並進行實驗室及工廠最佳實務之推廣工作。

環保署在第一期的參與主要還是著重奈米技術餘環保領域的應用，以技術發

³⁸ 陳姿名、簡弘民、黃俊超、葉幸真、陳光宇、黃兆右、徐禮業(2005)，新竹地區大氣環境奈米微粒數目濃度變化研究，推動負責奈米科技相關議題論壇，2005，新竹市

³⁹ 張裕釧、翁豐嶽、阮慕玲、許嘉珍、蔡明珊(2005)，生物性奈米金的製備與應用，推動負責奈米科技相關議題論壇，2005，新竹市

⁴⁰ 邱顯傑、許朝翔、方冠榮(2005)，電泳沈積法在功能性氧化物薄膜應用之研究，推動負責奈米科技相關議題論壇，2005，新竹市

⁴¹ 全球四大主軸議題包括：新名詞命名(nomenclature)、風險評估方法(methodologies for risk assessment)、人體毒理學及生態毒理學研究之資訊交換(exchange of information on human and ecological toxicology studies)、奈米科技之環境效益(environmental benefits of nanotechnology)

展為主，一直到第二期的奈米國家型計畫(2006~2008)，環保署開始結合勞委會及衛生署針對奈米科技風險管理，共同推動「環境、衛生、安全整合型計畫」(EHS計畫)，其中一個主題便是「推動負責任(環境友善)的奈米科技研發及生產環境」(To Promote Environmentally Responsible Development of Nanotechnology)，所謂的環境友善包括產品生命週期中，一系列對健康及環境的風險必須極小化，但因為目前在人造或工程奈米微粒的健康或環境毒理資料尚未充分定論，因此目前只能就涉及環境、健康及職場安全的議題進行跨部會的政策協調及實務推廣，由環保署負責環境中暴露風險與管理、衛生署進行奈米微粒對健康風險的評估、勞委會則針對職場勞工與製程安全進行研究。

6.1.2 與奈米風險相關的正式法規

我國除了致力於奈米技術的發展，也需要對奈米技術危險的控制上，多加討論與著墨，以建立完善的奈米技術發展環境。現況之下，相對於奈米技術的促進，對於奈米技術的危險控管與討論卻是少得多，目前台灣主要是以奈米技術對於環境與人體的可能風險及其規範有所討論，所使用的規範則以奈米標章制度及毒性化學物質管理法為主。

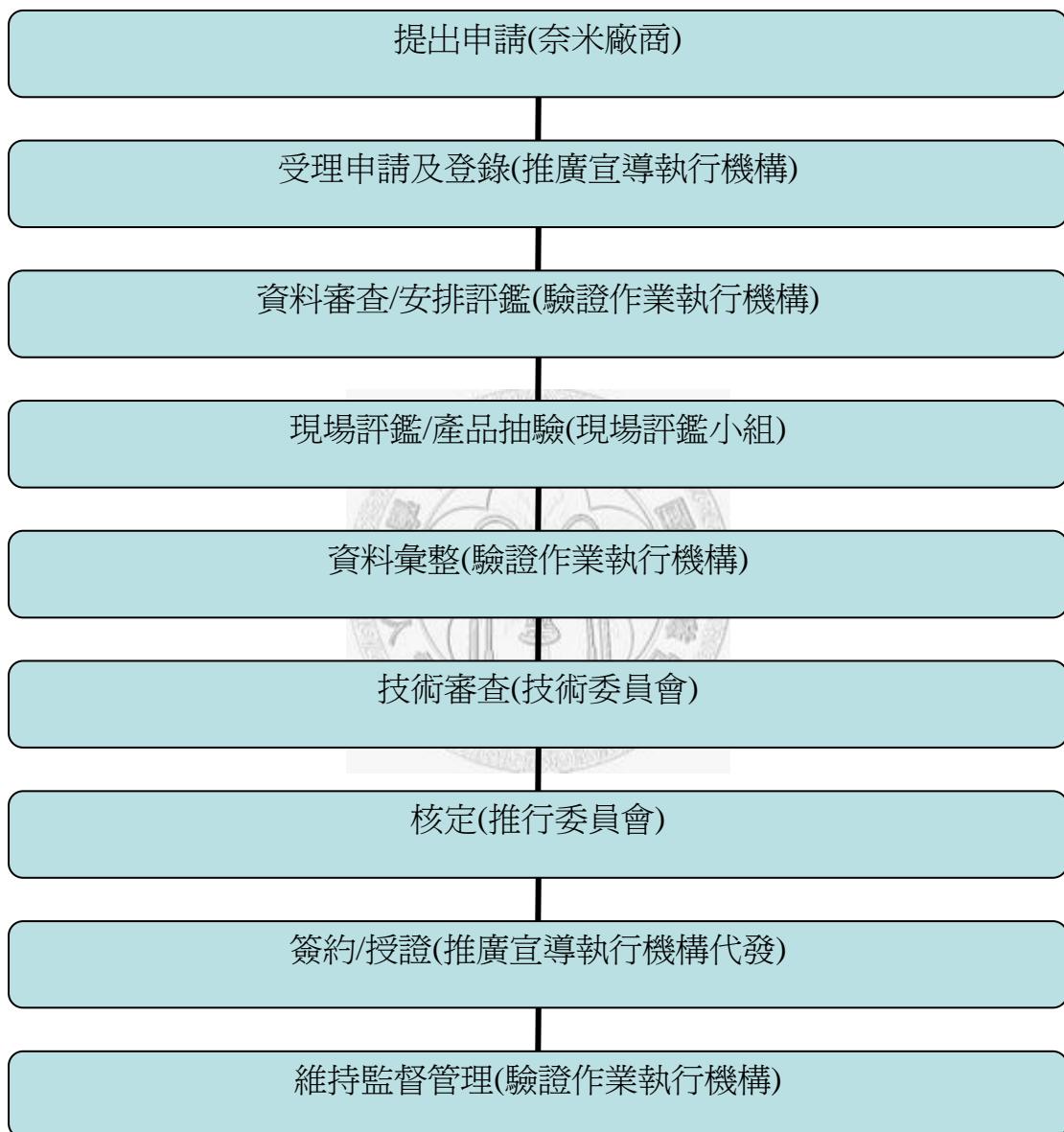
一、奈米標章制度之規範功用⁴²

現階段而言，我國有關奈米技術或奈米級產品的規範設計，是經濟部工業局主辦、委託工業技術研究院量測技術發展中心所執行的「奈米產品驗證體系計畫」，這項工作的主要考量是希望從不同面向切入奈米技術與產業，在政策面配合國家型奈米計畫，促進奈米技術的產業化；在民生面，則為保護消費者權益，因為市面上標榜奈米的產品日漸充斥，希望對於真正奈米產品且具一定水準者，授予奈米標章以資識別；在經濟面上，則希望透過奈米標章，鼓勵優良廠商永續經營，同時藉著奈米標章的國內外宣導，提昇產品的

⁴² 奈米規章的相關規範，可參考經濟部工業局奈米標章網站：<http://www.nanomark.itri.org.tw/>

品質形象與國內外市場競爭力。

奈米標章的推行，採產品驗證制度，由廠商自願參加，依照奈米產品不同的特性，分別視其需要來制定驗證的規範。奈米產品在驗證方面的作業程序可參考下圖(圖四)：



圖四：奈米標章驗證流程

圖片來源：http://www.nanomark.itri.org.tw/About/project_1.asp

目前台灣共有十四家廠商共一百六十三項產品經過奈米標章檢驗合格
(詳參附註八，台灣奈米標章廠商及產品)。

二、毒性化學物質管理法

另一個與規範有關的法令是我國既有的「毒性化學物質管理法」。「毒性

化學物質管理法」的立法理由是：避免毒性化學物質運作事項的疏忽，而污染了環境或人體健康。法令的規範從「環境」與「人身」兩方面著手，對於人體有傷害之虞者，此法加以防治；對於環境有污染之虞者，此法則加以控制(李淑娟&唐淑美,2006)。

首先，在毒性化學物質的認定上，本法第二條第一款規定：「毒性物質係指人為產製或於產製過程中衍生的化學物質，經中央主管公告者」，因此，是否為此法所規範的毒性化學物質，必須經過中央主管機關公告。接著，此法依據毒性化學物質對環境及人身健康所可能造成的危害程度，將化學物質分為四大類，不同的類屬有不同的管制方式。第一、二、三類的毒性化學物質，明顯地對環境或人身有害，中央主管機關得以限制或禁止其相關的運作。第四類的化學物質則為疑似毒性化學物質或毒性已確定但運作狀態尚不明確者，前者因為對人體或環境的傷害不確定，因此需要對該物質有更深入的研究；後者則因為運作狀態的不明確，所以需要先蒐集與運作相關的資訊，作為後續管理規定的參考，其管理目的在於不影響現有運作的狀況下，加強蒐集該物質的毒理資訊、運作、散佈及暴露等相關資料，並藉此警示操作人應小心運作相關物質。

「毒性化學物質管理法」的規範極具彈性，管理的標的可以按需要調整，管理的運作行為多樣化，管理方式也具有變化的可能，因此，只要有足夠的證據可以支持，某些物質的奈米微粒可能具有毒性，這種奈米等級的物質及其應用行為就可經過中央主管機關公告，納入毒性化學物質分類管理的體系架構。

6.2 國家在風險治理上的角色

從奈米國家型計畫中，我們可以看到，國家仍沿用舊的發展模式，強調創新、研發、國際競爭，大量資源投入科技政策、大比例的經費與政策挹注在奈米這個明星產業中，相對忽略的風險評估與溝通的重要性。

國家對重點產業投入大量資源而忽略風險溝通的這個問題，在過去的 GMO 爭議上已被提出質疑，根據周桂田(周桂田，2004)的研究指出：「國家投入大量的資源鼓勵研發 GMO，除了有科技研發本身的延展性外，更重要的是企圖追趕國際間的生物科技工業競爭。而這樣富含政治經濟邏輯的科技政策，卻賦予在珠種價值競爭間科學理性的獨大正當性，強調投入 GMO 研發是必要的，否則將變成『科技落後國家、經濟落後國家』。單面向的隱含政治經濟考量的科學思維，主觀排除了 GMO 科學本質上的不確定性，並罔顧國際上與國內生態理性與社會理性的要求，一方面從國家到 GMO 科學家要求鬆綁風險管理政策，另依方面主宰科技資源，而明顯排除競爭性科技政策的發展。……。而這種態度，除了在價值判斷上鑲嵌『客觀的』科學理性外，認定 GMO 不涉風險外，也同時要求鬆綁風險管理政策」。在面對重大科技研發時，傳統發展型國家的模式讓政府在干預政策時有其合法性，事實上，科技研發所引起的爭議讓人民對於國家的這種合法性權力開始提出質疑，但國家在此並沒有及時回應這樣的質疑。國家在過去的生物技術上，就是只重視技術發展本身，而忽略一般大眾對這科技的疑慮。因此，「奈米科技」若無法解除大眾對此新興科技的疑慮，並為民眾帶來利益，則「奈米科技」必然也走向失敗的命運。

鑑於奈米科技可能引起的危機，有部份環保團體起而呼籲暫停奈米科技的發展，但英國皇家學院與皇家工程學會則認為，與其支持此種不當杯葛，還不如信任政府，將盡速確保適當、有效的管理機制(Regulatory Regime)⁴³，更有甚者，非理性且無科學論證的反對，可能會讓奈米科技的應用由公開轉入非法的操作，因此，正視奈米科技所潛在的危機應該是制訂一定的規範管制。只是，相對於龐大的科研投資，在我國奈米國家型計畫中卻不見政府積極、整合性的資源投入。從制度面來看，上一節所提到的「奈米標章制度」及「毒性化學物質管理法」皆有其闕漏。「奈米標章制度」乃是建立一套識別的標誌，方便使用者辨別利用，並不

⁴³ 同，註 16

具有法律上強制意義的檢驗或驗證制度，只對於積極申請者具有規範的效應，這樣的標章制度比較接近「產品品質保證制度」，而非「技術危險控管制度」。而且奈米標章認證制度目前僅針對現有應用成熟且產品化的特定領域，但對於奈米技術在前端研發階段或應用過程中所可能發生的奈米微粒接觸或吸入危險，這個認證制度並無法提供保障或是發揮保護規範的作用；「毒性化學物質管理法」的問題則在於，要將這些物質歸在哪一類的毒性、接受哪個層級的管理，這些條件取決於奈米毒理研究所提供的證據強度(是否真有毒性)以及範圍(有什麼樣的毒性)。但技術上的困難是，除非可以確定物質只要是奈米微粒的型態就具有毒性，否則，相關單位必須從頭就各種原本不具毒性的化學物質的奈米化，一一分析其可能的毒性，再視其狀況加以公告分類，而這會耗費極其長久的時間。

歐盟健康與消費者保護部委員(Commissioner for Health and Consumer Protection) Markos Kyprianou 表示⁴⁴，一個國家社會的競爭力，主要倚賴新興技術與產品的研究發展，政府必須避免「奈米科技」相關創新產品的研發阻礙消費者對產品安全認可保證的要求，消費者安全應該是國家社會優先關注的焦點，這是政府在尋求奈米科技產品風險評估最佳方式的動機，進一步也能確保國家安全與降低奈米科技產品的風險。國家在新興科技的風險治理上，應當扮演更為積極的角色，尤其是在國家型計畫中，既為整合政府各單位的資源進行利用，除了新科技的研發外，也應對民眾所顧慮的風險議題進行研究與回應。在目前無法明確指出「奈米科技」的應用，是否會造成危害的今日，對於奈米科技的規範，應特別著重在生產、製造過程中的管理，以保障研發人員與操作人員的安全，同時也可以預防意外的發生，立法上，政府應擴大其保護範圍，包括：參與奈米科技研究、與應用所涉及的製造、清理、處理、儲存、及運送人員皆應列為保護之列；另外，在奈米材料暴露時間性方面的研究，截至目前為止尚無定論，短期暴露也許並不具備太大毒性，但長時間暴露在奈米材料的工作環境下工作所造成的健康顧慮是

⁴⁴ 第七屆 Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risk 會議報告。
http://europa.eu.int/comm/health/ph_risk/committees/04_scenahr/docs/scenahr_o_003.pdf

應該被考量的，英國的「有害物質管理法」規範中，將這種監測延長到四十年以上，可有效監控奈米材料的危害性，這方面的規範可為我國將來立法提供有力的參考。

而當奈米科技進入商業化的階段，政府除了奈米科技發展時的風險控制，也需要規範奈米科技的商品市場相關問題，協助監督奈米產品的安全性及價值，以保護一般大眾享受科技所帶來的利益。以現行的奈米標章制度而言，政府在核發標章上應更加強調該產品的安全性，驗證項目中除了檢驗產品內是否真含有奈米材質外，應該更為強調並註明奈米材質使用安全，產品的標示上除了標明何種奈米材質及應用外，也該讓消費者清楚知道這些奈米材質在使用上對人體可能造成的短中長期影響。為使奈米產品在規範下發展，政府目前應該著手建立有關奈米產品的檢測方法及測試標準，特別像是工研院這些半官方的研發機構，已俱備提供符合國際規範的檢測系統，可以提供奈米科技產業在各方面，甚至在環境安全方面，最具權威並可達到國際標準的檢測服務，也可以面對未來世界各國對奈米產品的規範，而逐漸調整檢測的內容及標準，而這樣的檢測也應該透過立法來強制廠商在商品量產之前進行。在奈米科技法規方面，目前台灣尚未有奈米產品的法規及奈米產品標準，這方面的工作則有待政府與民間共同推動，政府應負起主導的責任，至於主導機構，可由經濟部工業局、國家標準局、國科會、EHS 相關部署及中央研究院等主導，邀集國內各奈米科技領域的學術及產業研究人員，共同研擬有關奈米產品的檢測標準，以及相關生產的法規。奈米科技是一種跨學門的應用科學，應用領域幾乎無所不包，因此無法靠單一機構完成完善的檢定，唯有透過政府資源整合，結合各研究發展，加上產業界的合作，才能使奈米產品的檢測更符合實際而不流於形式。

除了國內研發與法規外，還必須考量全球化的影響。奈米科技既然在全球化的背景下發展，我們就必須考慮到全球市場的力量與現實狀態，政府與公司在奈米科技下的投資，希望獲得競爭優勢，不論是風險研究者或者投資者皆認為經濟

競爭力的重要性，但也強調在現行的趨勢中，已經開始針對共同關心的議題進行國際合作，諸如：命名與測量、蒐集風險有關的信息促進對話與教育等。在競爭性市場力量與國際合作這種潛在二分的原則下，研究者也提出一些面對未來時可能出現的挑戰，舉例來說，若一國決定從事某種特別具有爭議的技術或產品，而其他國家選擇退出時，這個「獨力」國應該要做什麼或有什麼應該執行的？而這個單一國家的選擇是否會對他者造成選擇從事的壓力？這種選擇「進入」或「退出」的兩難，在奈米科技可能引起的非預期效應上更加重要，尤其是當奈米科技可能有多重的用途時，奈米產品即便在人道應用上具有強大的潛力、可改善人們的生活，但亦可能因技術的不良應用而使得奈米產品在貿易上受到限制，因此對奈米科技的用途與社會經濟、倫理面向等的全球性議題，應該要保持相互的認識與對話。為了促進國際對話的品質，我們認為應該針對奈米技術的潛在利益與風險建立透明的對話框架，但就目前的水平來說，要發展這樣的對話框架有其困難存在，首先必須要區分不同的奈米技術類型與種類，因為不同的技術類型會產生不同的應用，進一步引發不同的效應，對某些效應而言，現行的管制架構已足夠，但對多數其他奈米效應而言，還是必須發展新的路徑；亦有論者認為，在對話上應該要建立一種機制，牽涉的奈米應用技術層面更廣且更具體，用以維持奈米產品的生產力，這種機制包括了能源、材料或是細部的技術與工具、產品。對話機制對於自然科學與社會科學的前景會產生重要的作用，成功且有益的對話意味著在不同的對話中涉及不同的社會行動者，包括：科學家、業者、決策者、市民社會、新聞媒體及其他機構；年齡與地區、教育程度等也都會影響對話的成果，因此包括 K-12 教育、大學與高等學位教育在奈米技術的效益上都是至關重要的，有助於瞭解社會對話，平衡利益與風險。

前文提及，德國消費者委員會曾針對奈米科技運用丹麥公民會議的模式，建立一套擴展風險溝通的工具。公民共識會議可運用在許多不同的政策討論上，以基因政策議題為例，至少就有十一個國家曾先後舉行過至少二十次的公民會議，

國內也曾經在 2002 年針對健保議題進行公民共識會議⁴⁵。然而，公民會議的結論本身，對政策並無拘束力，以丹麥而言，因為丹麥是個強調共識政治與公民參與的國家，法律中已規定牽涉到倫理與社會議題的科技政策，就必須要徵詢公眾的意見並讓公民有機會可以表達自己的意見，而公民會議通常變在相關法案有待審議之前召開，讓立法者知道選民對重要的問題的立場，也因此，在某些個案中，丹麥的公民會議結論的確影響了政策結果，如：立法禁止雇主與保險公司利用基因篩檢資訊(林國明，2003)。

在現行的代議制度中，政治運作是放在立法院或地方議會，有著各式各樣的相關利益，結合起來成為所謂的「利益團體」，但許多屬於地方性的議題或者弱勢的團體，無法有效的組織起來與國家既得利益團體來對抗；且，在專家知識的操控下，公共議題大部分操控在專家學者手上，一般民眾能參與的管道十分有限，有些可能只是說明會或者環評報告，甚或只是普通的民意調查，這些都限制了沒有專業知識的民眾的討論能力及機會。公民會議在促進民眾參與政策公共討論上雖說是一個值得嘗試的途徑，但國內在制定法規時，尤其是那些與重大社會議題相關的法規上，並無強制性的規定此種公民會議的設置，雖說目前有環境影響評估委員會等類似的會議模式，但在會議的執行與效力上均無法與公民會議相比，公民會議不僅讓受影響的民眾對議題有更深入的了解，同時也提供一個平台發表自己的想法並進行探討辯論，它是一個公平且公開的環境，考量參與者擁有不同的價值觀並尊重之，因此，可參考丹麥在科技政策制定之前的強制性公民會議模式，讓政策上加入公民的意見。

⁴⁵ 此會議正式名稱為「二代健保公民論壇」，於 2001 年舉行，計劃主持人為台大社會系陳東升教授，相關資訊可參考：<http://tsd.social.ntu.edu.tw/NHIDP.pdf>

第七章 結論

7.1 科技與公民的對話

容易引起爭論的部份是，奈米技術的影響層面這個高度技術性與複雜性的評估與控制過程，應該是一個專家引導的過程，侷限在學術界、工業界與政府科學家及工程師當中，但在上一段公眾對奈米技術的態度研究結果顯示，奈米的某些應用所引起的社會與倫理方面的擔心可能已經超過基礎科學與工程的領域，關於這方面，Better Regulation Taskforce 提出一份報告⁴⁶，建議政府在奈米技術領域的決策過程中應盡可能深入地與公眾進行溝通；此外，幾份英國報導均建議科學家與政策制定者應介入就科學與技術問題、風險和環境等議題，與相關的團體進行對話。這種科學政策與風險評估實踐觀念上的轉變，主要源自於二十世紀末期狂牛症(BSE)危機的事件⁴⁷，根據英國政府處理狂牛症事件所喪失的民心，促使政府檢討如何促進公眾機制，也倚重社會信賴的專家或公眾人物參與的各種諮詢委員會作成科技決策(Jasanoff,2004)。英國國會上議院科學與技術委員會在其科學與社會的報告中建議，與公眾的直接對話應該變為研究組織和學術機構的活動，而不是可選擇的附加項目，成為科學政策制定過程中的正規部份，由於英國科學政策制定的某些領域已經引起過信任危機，為重新贏得公眾的信任，科學政策與科學的不確定性應該更加公開與透明。

科學溝通可以分為兩個層面來看，首要規則是尊重事實。科學家在提出其完

⁴⁶ 根據 Better Regulation Taskforce 於 2003 年提出的”Scientific Research: Innovation with Controls”指出：如同幹細胞研究一樣，奈米科技在風險顧慮方面的呼籲遠低於其對人類的潛在利益，但政府應先行準備好清楚的政策以確保個人、動物及環境的安全，其中一個關鍵性因素便是良好的溝通。政府應在早期就推動與公眾進行對話，雖然對多數的局外人而言，瞭解這種新興科技是困難的，且要清楚分辨可能的奈米風險也會遇見許多困難，但奈米科技作為一個新發展的學科，政府實際上是有機會運用一些科學研究的管理模式，同時政府也有機會能夠在前端領導科技的發展。

⁴⁷ 1986 年，英國政府獸醫人員解剖「瘋牛」，發現牛的腦部呈海綿狀病變，但當時無論是地方或中央政府，皆不瞭解其嚴重性，只當作是獸醫學上又一個無關緊要的病變發現而已，任疫區自然擴散，1988 年情況惡化，農民將病牛當成好牛上市，疫情快速擴散，最後造成失控的局面。七年後，1995 年英國中央政府又宣稱，狂牛症已經有效控制，牛肉可以外銷，但到了 1996 年，英國有十人死於狂牛症，潛伏期者無法估計，英國牛肉外銷終止，每年損失約七十億英鎊，應國中央政府只好下定決心，今後六年內撲滅此疾病，並銷毀了一千一百萬頭帶病牛，英國政府同時公開向世人道歉，並被迫全面禁銷肉品，耗費數百億英鎊的代價。

整且誠實的論述時，應該隨時準備好去說明這些結果是如何獲得的、其可靠性為何、與其他相關研究是否相容、信度如何，倘若學界有不同的聲音出現時，其原因為何，甚至，所有的結論都不應該被視為理所當然正確，公眾曾經失望一次，就永遠對科學會持有懷疑的態度。科學知識有個關鍵特點，就是其「臨時性」，這對一些尚未發展完全的科學知識而言更為重要，科學家應承認科學的臨時性，並將這樣的觀念傳達給接收這些資訊的閱聽者。那些被公佈出來且被民眾所接受的事實，通常都是已是經過同儕審查的結果，但這些結果若隨後被他人挑戰或者質疑，公眾信心便會快速地消退，類似情形經常發生在科技對人體造成影響的事件上，然而，也不能利用輿論來取代科學界已達成的共識。尊重事實是重要的，但是是不夠的，因為在研究過程中也可能會有所闕漏。研究中可能出現的負面結果不應該被忽略，例如，在遺傳學研究中發現易病體質的基因，為疾病預防打開一道大門，但同時也引起了歧視的可能性，正面結論的存在並不意謂著負面效應就不存在，倘若科學事實的缺陷由別人揭露，則可能更嚴重地毀損該研究者個人的信譽。甚至，當同儕間出現偏差行為而同團體的研究者漠視這種情形時，這也是屬於研究者的一種失誤，因為一旦這種偏差行為被公眾發現，整個研究團隊將會因為單一個人的錯誤而全體淪陷。最後，研究者應該聲明可能的利益衝突，日益複雜的公共與私人研究關係，使得科學能以其客觀性的面具來隱藏內部的利益關係，科學專家可能認為這些利益關係不會被發現，事實上，永遠不要低估公眾在分辨消息來源上的能力，只要資訊一旦被公佈，公眾便有能力去分辨該去相信何者。

科學知識本身或許沒有道德面向，但獲得科學知識的方式以及可能的運用層面上有道德的問題，科學家有時無法控制本身產出的知識該如何被應用，有些科學家甚至會持有一種態度，認為科學知識如何被運用與科學家本人無關。相反地，科學專家們不僅應在實驗之初便說明其價值，更應該表明其可能的社會意涵、科學家本身對實驗成果的正面或負面意見。在一個開放的社會中，科學專家觀察實

驗到的成果不論優劣，都不可能將其隱藏起來，所以科學家們必須先將本身的價值觀與社會價值進行比對，接下來才能將實驗成果展現並發展其可信度。

不論科學界本身懷有多大的好意，都不應該去操縱公共的意見，一旦被人們發現，他們不但會感到被羞辱，且當議題與健康或安全有關時，更會使科學界本身的信賴度消失殆盡。因此，科學界在與公眾溝通的政策上首先是要找到一個有聲望的、可信賴的發言人，正如 Hans Peter Peters 所指出：「盡可能完整且誠實地告知並解釋自己的理由與想法，如果不能說服公眾，至少可以讓他們瞭解我們對公眾意見的尊重。這在形塑公眾意見上也扮演重要的角色，因為有時候，給予尊重甚至比訊息本身來得重要」。

7.2 建議



就前述所提出的問題，加上我國現行奈米科技的發展，在結論的部份筆者提出幾項建議：

首先，我國應該建立專司奈米研究的機構。雖然說目前國內產官學界對奈米科技的發展皆抱以無限的期待，但奈米科技的發展散見於各個領域，雖說有奈米國家型計畫做初步的統整，但仍需要一個專門機構，負責引導國內奈米科技的發展、政策方向及資源共享，同時這個機構也要隨時掌握奈米科技的風險評估，透過這個機構，隨時因應需求來制定新的規範，以保障奈米科技的安全應用。本國目前雖然已存有如英美國家之相當法規，但對於奈米化的物質，萬一產生毒性時該如何處理，或是處理原則為何，仍無明確的規範，在此，政府可借鏡歐美的做法，要求奈米科技產業本身對於所生產的奈米物件，提出完整安全性報告，甚至毒性產生的可能情況，並加強勞工的訓練以避免災害的發生。但必須注意的是，奈米科技除了面對極小的物質微粒之外，也可能產生無法預期的危機風險，因此，設立一專責機構負責，並藉由此專責機構不斷研究，成立奈米科學諮詢單位，一

一旦發生事故時可立即處理，此專責專業的政府團隊將要負責監督、管理、甚至協助奈米科技的災害處理。

最後，為使我國的奈米科技能獲的全面性的進步，政府應建立奈米科技的教育資訊系統，目前國內對於奈米科技的教育，在某些方面而言是十分積極的，特別是在一些大專院校的科系中，由於與產業界或與政府研究單位的合作，因此對於奈米科技的發展十分熱烈，但奈米科技本身是一項跨學門領域的應用科學，奈米科技的教育也應該推廣到各不同領域的教學中，讓不同領域的學者都能了解此一新興科技的內涵，並能結合各不同領域的學識，創造出最好的奈米發展環境，例如，人文學門的奈米教育，就可針對社會倫理的角度來研究奈米科技可能產生的相關問題與衝擊，並對相關產業進行風險評估，這對我國奈米科技的健全發展會有相當大的助益。

政府做為一行動者，應主動支持 EHS、ELSI 的研究計畫，並將這些研究成果整合納入風險投資的研究方案與計畫中，對奈米技術的發展編制長遠的規劃與願景，在風險管制的基礎上發展前瞻性的措施，評估管制與創新之間的關係；發展溝通策略平台，以便業界、消費者與市民組織能交換新科技在 EHS、ELSI 方面的訊息，政府組織在此的角色則類似情報交換所。而在資源分布上，政府可提供獎勵措施以減低風險，如：發展奈米技術應用取代污染性材料、鼓勵業界培養可處理意外與其他非預期狀況的能力、鼓勵風險管制的國際合作等。在社會系統層面上，政府應準備並執行新的風險管制策略，短期來說，對奈米科技的發展採取目前現有且合適的法令，在現有國內法制、專業規範、命名標準、人權與國際協議的基礎上支持奈米科技的應用；最後是公眾的部份，政府應對公眾感知進行長時間的研究，透明並納入公眾參予的監督模式，促進公眾在社會影響與倫理考量討論上的參予，並將公眾的意見列入法案或政策制定上的重要參考依據。

本研究的主題「奈米科技」，根據科學家們的說法，它也會進一步地改善人們現在的生活品質，也就是說，它將對人們的日常生活造成直接的影響，因此，如

何善用此科技、如何建立一個安全且完善的發展空間，就成為在致力於發展「奈米科技」的同時應該付出關心的議題，以避免過去發生在生物科技上的爭議。目前有許多組織皆針對奈米風險進行研究與呼籲，諸如 ETC group、Friends of the Earth 等，當中有持較為激進的觀點，認為在風險未定的情形下不應貿然進行奈米科技的研發，但也有觀點較為溫和的，認為科技研發不能也無法停止，因此應該要在研發的同時，同步累積奈米材料的毒理學研究、奈米技術的安全應用模式等資訊。從過去累積的科技研發經驗告訴我們，倘若放任科學無止盡地發展，受害的風險承擔者不僅包括生態環境，也會對人類的生活造成影響，例如頗受爭議的複製生物研究，原始的用意是為了保留動物體內有用的基因而進行的研究，在起初動物實驗時就已經引起一些宗教團體及動物團體的注意，隨著技術更加精進到有辦法進行人體實驗時，更是引發各式宗教團體及人權團體的抗議。同樣的，奈米科技現在處於新興發展階段，沒有人知道未來會發展到什麼樣的局面，更不會有人知道會對人體或人權造成什麼樣的影響。

若要對新興科技進行風險研究及治理，國內目前可運用的資源較少，主要是因為，進行風險相關研究的研究人員在數量上比起技術研發的人員而言要遠少得多，國外則對此已經一段時間的研究，相較之下累積了較多可資運用的訊息，雖然在本文的受訪者的談話中可發現，國內學者對於我國在風險研究上面的努力持正面且樂觀的態度，認為國內的研究並不輸給外國，然而，光從風險管理的歷史來看，英美等國尤其歐盟國家就比台灣累積了更多風險管理的經驗可供參考，雖然說我國可在各大型會議上與其他國家進行資訊交換與學術交流，但這樣的交流所獲得的資訊若沒有妥善運用，終究只是空談。

最後，本文還是要強調，科技發展固然重要，但「以人為本」的信念更為重要，在發展國家型計畫的同時，更要關照到對人類的福祉，而所謂的福祉也不該只是經濟上的利益，應該包含更抽象的人權、健康等議題，奈米科技發展風險管制的重要性在此便彰顯了。



參考文獻

一、中文文獻

(一) 專書、期刊論文與報導

- 王崇仁 (2006), 神奇的奈米科學, 科學發展, 354, 頁 48-51
- 中山大學環境工程研究所(2005), 奈米科技發展國際主要環境議題研析及因應, 行政院環境保護署
- 朱雲漢 (2003), 市場、國家與全球治理機制的重新磨合, 中國時報, A2
- 牟中原 (2004), 奈米科技的展望, 科學發展, 373, 頁 44-49
- 呂世源 (2002), 奈米新世界, 科學發展, 359, 頁 4-7
- 阮國棟、吳婉怡、汪芷嫣 (2005), 奈米科技與環境保護, 工業材料, 220, 頁 163-166
- 阮國棟、吳婉怡、黃冠穎 (2008), 待解謎團—環境中奈米微粒, 科學發展月刊, 421, 頁 26-31
- 吳嘉苓、曾嬿芬 (2006), SARS 的風險治理：超越技術模型, 台灣社會學, 11, 頁 57-109
- 李明軒、邱如美(譯) (1996), Michael E. Porter 著, 國家競爭優勢, 台北：天下文化
- 李尚仁 (2002), 數字不一定會說話—科技風險評估的盲點, 科學發展, 359, 頁 79-81
- 李名揚 (2003), 奈米生活化 人類生活將離不開它, 2003/06/01 聯合報
- 李昂杰 (2005), 控制技術風險建立公眾信任 淺談我國的奈米技術規範, 技術尖兵, 123, 頁 16-17
- 李淑娟, 唐淑美 (2006), 論我國奈米科技潛在風險之法律規範, Asian Journal of Management and Humanity Science, 1(2), pp293-308
- 周桂田 (2000), 生物科技產業與社會風險—遲滯型高科技風險社會, 台灣社會學研究季刊, 39, 頁 239-283
- 周桂田 (2002), 在地話風險之實踐與理論缺口—遲滯型高科技風險社會, 台灣社會研究, 45, 頁 69-122
- 周桂田 (2004), 獨大的科學理性與隱沒(默)的社會理性之”對話”—在地公眾、科學專家與國家的風險文化探討, 台灣社會研究, 56, 頁 1-63
- 周桂田 (2005), 知識、科學與不確定性—專家與科技系統的「無知」如何建構風險, 政治與社會哲學評論, 13, 頁 131-180
- 周桂田 (2007), 新興風險治理典範之芻議, 政治與社會哲學評論, 22, 179-233
- 梁永芳 (2006), 奈米科技之人文意涵, 綠基會通訊, 3, 6-9
- 汪浩(譯) (2004), Ulrich Beck 著, 風險社會：通往另一個現代的路上, 台北：巨流
- 陳郁庭 (2005), 從英國的例子 談奈米科技的風險及法律管制, 技術尖兵, 124, 頁 20-21
- 陳東升 (2006), 審議民主的限制—台灣公民會議的經驗, 台灣民主季刊, 3(1), 頁

- 陳貴賢 (2006), 奈米科技與生活, 科學發展, 398, 頁 46-51
- 陳文育 (2006), 發展主義國家、勞動安全與環境保護—以電子業在台灣的發展為例, 東海大學碩士論文
- 曾建榮 (2004), 探討環境衝擊 奈米顆粒的美麗與哀愁, 技術尖兵, 120, 頁 18-20
- 葉安義 (2004), 奈米科技與食品, 科學發展, 384, 頁 44-49
- 黃俊夫 (2006), 預防原則導言—節錄聯合國教育、科學及文化組織 2005 年 3 月發表, 生活教育月刊, 39(6), 頁 15-22
- 黃慧嫻 (2004), 美國國家奈米技術計畫簡介—兼論「二十一世紀奈米研究及發展法案」, 科技法律透析, 16(3), 頁 2-7
- 鄭尊仁、林宜平、雷侑蓁 (2006), 奈米科技的健康風險管理, 台灣公共衛生雜誌, 25(3), 頁 169-175
- 簡弘民 (2004), 科技的另一面—奈米技術對環境之影響, 永續產業發展, 14, 頁 28-35
- 劉憶成 (2005), 奈米的趨避衝突 美國有毒奈米物質管制簡介, 技術尖兵, 125, 頁 22-24



(二) 網站資料

- 行政院奈米國家型計畫網頁：<http://nano-taiwan.sinica.edu.tw/ProjectBig5.asp>
(2007,09,02 查閱)
- 國家型科技計劃作業手冊：<http://www.nsc.gov.tw/pla/public/Data/71914492271.doc>
(2007,09,10 查閱)
- 我國新興高科技產業發展之現況、願景及推動策略 研究計畫期末報告：
<http://www.issp.sinica.edu.tw/chinese/researcher/economic/ypchu/summary1.pdf>
(2007,09,14 查閱)
- 熊依眉 (2007,07,16), 俄政府批准專項資金支援奈米技術研究,
http://big5.ce.cn/xwzx/gjss/gdxw/200707/16/t20070716_12188483.shtml
(2007,10,25 查閱)
- 新華網 (2007,11,17), 最新研究發現：科學家說奈米粒子可能有害健康,
http://big5.ce.cn/gate/big5/sci.ce.cn/mainpage/mainnews/200711/17/t20071117_13625948.shtml (2007,11,25 查閱)
- 王蔚 (2007,11,22), 中科院院士：利用奈米技術不當可能受到危害,
http://big5.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/200711/22/t20071122_13689249.shtml
(2007,11,25 查閱)

二、英文文獻

(一) 專書與期刊論文

- A.D. Romig Jr., Arnold B. Baker, Justine Johannes, Thomas Zipperian, Kees Eijkel, Bruce Kirchhoff, H.S. Mani, C.N.R. Rao, and Steven Walsh (2007), “An introduction to nanotechnology policy: Opportunities and constraints for emerging and established economies”, *Technological Forecasting & Social Change*, 74, pp.1634-1642
- Adarsh Sandhu (2007), “South Korea plays to its strength”, *Nature Nanotechnology*, 2(8), pp.455-456
- Alan Irwin, Denis Smith and Richard Griffiths (1982), “Risk analysis and Public Policy for Major Hazards”, *Physics in Technology*, 13, pp.258-265
- Andrew D. Maynard, Paul A. Baron, Michael Foley, Anna A. Shvedova, Elena R. Kisin, and Vincent Castranova (2004), “Exposure to Carbon Nanotube Material: Aerosol Release During the Handling of Unrefined Single-walled Carbon Nanotube Material”, *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 67, pp.87-107
- Andrew D. Maynard (2006), *Nanotechnology: A Research Strategy for Addressing Risk*, Woodrow Wilson International Center for Scholars: Project on Emerging Nanotechnologies.
- Chalmers A. Johnson (1982), *MITI and the Japanese miracle: the growth of industrial policy, 1925-1975*, Calif.: Stanford University Press
- Chi-Wing Lam, John T. James, Richard McCluskey, and Robert L. Hunter (2003), “Pulmonary Toxicity of Single-Wall Carbon Nanotubes in Mice 7 to 90 Days After Intratracheal Instillation”, *Toxicological Science*, 77(1), pp.126-134
- Chris Tounmey (2007), “Rules of engagement”, *Nature Nanotechnology*, 2(7), pp.386-387
- Daniel J. Fiorino (2000), “Citizen Participation and Environmental Risk: A Survey of Institutional Mechanisms.”, *Science, Technology, & Human Values*, 15(2), pp.226-243
- David Collingridge (1980), *The social control of technology*, New York: St. Martin’s Press
- David Rejeski (2004), “The Next Small Thing”, *Environmental Forum*, March/April 2004, pp.42-49
- Department for Environment, Food and Rural Affairs Nobel House (2007), *Characterising the Potential Risks posed by Engineered Nanoparticles*.
- Diana M. Bowman, Geert van Calster (2007), “Does REACH go too far?”, *Nature Nanotechnology*, 2(9), pp.525-526
- Dietram A. Scheufele, Elizabeth A. Corley, Sharon Dunwoody, Tsung-Jen Shih,

- Elliott Hillback, and David H. Guston (2007), “Scientists worry about some risks more than the public”, *Nature Nanotechnology*, 2(12), pp.732-734
- Edna F. Einsiedel, Linda Goldenberg (2004), “Dwarfing the Social? Nanotechnology Lessons from the Biotechnology Front”, *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24(1), pp.28-33
- Ernie Hood (2004), “Nanotechnology: Looking As We Leap”, *Environmental Health Perspectives*, 112(13), pp.740-749
- Frederick Betz (1998), *Managing technological innovation: competitive advantage from change*, New York: Wiley
- Gary E. Marchant, Douglas J. Sylvester (2006), Transnational Models for Regulation of Nanotechnology, *Journal of Law, Medicine & Ethics*, 34(4), pp.714-725
- George Gaskell, Toby Ten Eyck, Jonathan Jackson, and Giuseppe Veltri (2004), “Public attitudes to nanotechnology in Europe and the United States”, *Nature Materials*, 3(8), p.496
- Gina Gerritzen, Li-Chin Huang, Keith Killpack, Maria Mircheva, and Joseph Conti (2006), *Review of Safety Practices in the Nanotechnology Industry*, prepared for the International Council on Nanotechnology by the University of California, Santa Barbara.
- J. Clarence Davis (2005), *Managing the Effects of Nanotechnology*, Woodrow Wilson International Center for Scholars: Project on Emerging Nanotechnologies.
- J. Clarence Davis (2007), *EPA and Nanotechnology: Oversight for the 21st Century*, Woodrow Wilson International Center for Scholars: Project on Emerging Nanotechnologies.
- J. Wilsdon (2004), “The politics of small things: nanotechnology, risk, and uncertainty”, *Technology and Society Magazine*, 23(4), pp.16-21
- James Wilsdon (2004), “The Politics of Small Things: Nanotechnology, Risk and Uncertainty”, IEEE Technology and Society Magazine, 23(4), pp.16-21
- Jane Macoubrie (2006), “Nanotechnology: public concerns, reasoning and trust in government”, *Public Understanding of Science*, 15, pp.221-241
- Kevin L. Dreher (2004), ”Health and Environmental Impact of Nanotechnology: Toxicological Assessment of Manufactured Nanoparticles”, *Toxicological Sciences*, 77(1), pp.3-5
- Lawrence Kenny (2007), *The Risk Governance of Nanotechnology: Recommendations for Managing a Global Issue*, Swiss Re Center for Global Dialogue, Swiss
- Maria C. Powell, Marty S. Kanarek (2006), “Nanomaterial Health Effects-Part2: Uncertainties and Recommendations for the Future”, *Wisconsin Medical Journal*, 105(3), pp.18-23
- Mario Kaisr (2006), ”Drawing the Boundaries of Nanoscience- Rationalizing the

- Concerns?”, *Journal of Law, Medicine & Ethics*, 34(4), pp.667-674
- Mark E. Meaney (2006), “Lessons from the Sustainability Movement: Toward An Integrative Decision-Making Framework for Nanotechnology”, *Journal of Law, Medicine & Ethics*, 34(4), pp.682-688
- Mary Douglas, Aaron Wildavsky (1982), ”How can we know the risks we face? Why risk selection is a social Process”, *Risk Analysis*, 2(2), pp.49-58
- Michael D. Mehta (2004), “From Biotechnology to Nanotechnology: What Can We Learn from Earlier Technologies?”, *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24(1), pp.34-39
- Michael N. Helmus (2007), “The need for rules and regulations”, *Nature Nanotechnology*, 2(6), pp.333-334
- Michael N. Helmus (2007), “Details are important”, *Nature Nanotechnology*, 2(9), pp.527-528
- NNI (2006), *Environmental, Health, and Safety Research Needs for Engineered Nanoscale Materials*.
- Natural Resources Defense Council (2006), *Nanotechnology’s Invisible Threat: Small Science, Big Consequences*.
- O. Renn, M. C. Roco (2006), “Nanotechnology and the need for risk governance”, *Journal of Nanoparticle Research*, 8(2), pp.153-191
- OECD (2007), *Current Developmental Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials*.
- Paul C. Stern, Harvey V. Fineberg (1996), *Understanding Risk: Informing Decisions in a Democratic Society*, US National Research Council, Washington, DC
- Peter B. Evans(1995), *Embedded Autonomy*, Princeton University Press, NJ
- Phil Macnaghten, Matthew Kearnes, and Brain Wynne (2005), “Nanotechnology, Governance, and Public Deliberation: What Role for the Social Science?”, *Science Communication*, 27(2), pp.268-291
- Robin Fretwell Wilson (2006), “Nanotechnology: The Challenge of Regulating Known Unknowns”, *Journal of Law, Medicine & Ethics*, 34(4), pp.704-713
- Royal Society & Royal Academy of Engineering (2004), *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*.
- Rüdiger Haum, Ulrich Petschow, Micshael Steinfeldt, and Arnim von Gleich (2004), *Nanotechnology and Regulation within the framework on the Precautionary Principle. (Final Report)*
- SCENIHR (2005), *The appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies*, EC
- SCENIHR (2007), *The appropriateness of the risk assessment methodology in*

accordance with the technical guidance documents for new and existing substances for assessing the risks of nanomaterials, EC

Sheila Jasanoff (2005), *Designs on Nature: Science and Democracy in Europe and the United States*, N.J.: Princeton University Press

Steven C. Currall, Eden B. King, Neal Lane, Juan Madera, and Stacey Turner (2007), “How fast should nanotechnology advance?”, *Nature Nanotechnology*, 2(6), pp.327-328

Vicki L. Colvin (2004), “Sustainability for Nanotechnology”, *The Scientists*, 18(16), p.26

William Sims Bainbridge (1989), *Survey research: a computer-assisted introduction*, Calif.: Wadsworth Pub. Co.

Wolfgang Luther (ed.) (2004), *Industrial application of nanomaterials—chances and risks*, Germany: Future Technologies Division of VDI Technologiezentrum GmbH

(二) 網站資料

Andrew Maynard (2008), *Setting the nanotech research agenda*, Retrieved Jan.20, 2008, from <http://www.thebulletin.org/columns/andrew-maynard/20080115.html>

Asia Pacific Nanotech Weekly (2005), *Japan Nanotechnology Risk and Standardization Efforts*, Retrieved Dec. 18, 2007, from <http://www.nanoworld.jp/apnw/articles/3-39.php>

Better Regulation Task Force (2003), *Scientific Research: Innovation with controls*, Retrieved Mar. 3, 2008, from <http://archive.cabinetoffice.gov.uk/brc/upload/assets/www.brc.gov.uk/scientificresearch.pdf>

Consumer Reports(2007), *Nanotechnology Untold promise, unknown risk*, Retrieved Oct.30, 2007, from <http://www.consumerreports.org>

Economic & Social Research Council Report (2005), *The Social and Economic Challenges of Nanotechnology*, Retrieved Feb. 5, 2008, from http://www.esrc.ac.uk/ESRCInfoCentre/Images/Nanotechnology_tcm6-5506.pdf

ETC Group(2003), *Size Matters*, Retrieved Jul. 20, 2007, from http://www.etcgroup.org/upload/publication/165/01/occ.paper_nanosafety.pdf

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (2007), *NanoCommission background paper on the NanoDialogue*, Retrieved Mar. 10, 2008, from <http://www.bmu.de/english/nanotechnology/nanodialog/doc/40549.php>

Federal Institute for Risk Assessment (BfR) (2007), *The majority of consumers view the development of nanotechnology favorably*, Retrieved Feb. 25, 2008, from <http://www.bfr.bund.de/cd/10563>

Federal Ministry of Education and Research (2007), *Nano-Initiative-Action Plan*

2010, Retrieved Mar. 10, 2008, from

http://www.bmbf.de/pub/nano_initiative_action_plan_2010.pdf

Friends of the Earth (2006), *Nanomaterials, sunscreens and cosmetics: Small ingredients big risks*, Retrieved Mar. 28, 2008, from
<http://nano.foe.org.au/filestore2/download/125/FoEA%20nano%20cosmetics%20report%20web.pdf>

Gary E. Marchant, Douglas J. Sylvester, and Kenneth W. Abbott (2007), *Risk Management Principles for Nanotechnology*, Retrieved Jan. 10, 2008, from
http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1020104#PaperDownload

Giovanni Carrada (2006), *Communicating Science: A scientist's survival kit*, Retrieved Mar. 20, 2008, from

http://ec.europa.eu/research/science-society/pdf/communicating-science_en.pdf

HM Government (2005), *Response to the Royal Society and Royal Academy of Engineering Report: 'Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties'*, Retrieved Mar. 12, 2008, from
http://www2.cst.gov.uk/cst/business/nanotech_final.pdf

International Herald Tribune (2006), *Berkeley to be first city to regulate nanotechnology*, Retrieved Nov. 11, 2007, from
<http://www.iht.com/articles/2006/12/12/business/nano.php>

International Council on Nanotechnology (2006), *Review of Safety Practices in the Nanotechnology Industry*, Retrieved Oct. 25, 2007, from
http://cohesion.rice.edu/CentersAndInst/ICON/emplibrary/Phase%20I%20Report_UCSB_ICON%20Final.pdf

Michael Berger (2007), *Regulating nanotechnology-incremental approach or new regulatory framework?* Retrieved Dec.20, 2007, from
<http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=2027.php>

Michael Steinfeldt, Ulrich Petschow, Rüdiger Haum, and Arnim von Gleich (2004), *Nanotechnology and Sustainability*, Retrieved Dec.20, 2007, from
<http://www.ioew.de/home/downloaddateien/DP6504.pdf>

Nanoforum (2005), *Benefits, Risks, Ethical, Legal and Social Aspects of Nanotechnology*, Retrieved Feb.3, 2008, from
<http://www.nanoforum.org/dateien/temp/ELSIPart%203.pdf?16022008105721>

Swiss Re (2004), *Nanotechnology: Small matter, many unknowns*, Retrieved Dec.10, 2007, from
http://www.swissre.com/resources/31598080455c7a3fb154bb80a45d76a0-Publ04_Nano_en.pdf

The Health and Consumer Protection Directorate General of The European

Commission (2004), *Nanotechnology: a preliminary risk analysis on the basis of a workshop organized in Brussels on 1-2 March 2004*, Retrieved Feb.5, 2008, from http://ec.europa.eu/health/ph_risk/documents/ev_20040301_en.pdf

Trades Union Congress (2004), Nanotechnology factsheets, Retrieved Feb. 2, 2008, from http://www.tuc.org.uk/h_and_s/tuc-8350-f0.cfm

Trudy E. Bell (2007), *Understanding Risk Assessment of Nanotechnology*, Retrieved Nov.12, 2007, from http://www.nano.gov/Understanding_Risk_Assessment.pdf

EU FP7: http://cordis.europa.eu/fp7/budget_en.html Retrieved Sep. 8, 2007

HSE: <http://www.hse.gov.uk/> Retrieved Oct. 10, 2007

NNI: <http://www.nano.gov> Retrieved Sep. 5, 2007

REACH: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_intro.htm
Retrieved Oct. 1, 2007

TSCA: http://www.access.gpo.gov/uscode/title15/chapter53_subchapteri_.html
Retrieved Sep. 15, 2007



附註一、受訪者列表

訪問對象共有六人，當中四位為國家型計劃相關人士，以及兩位學界代表。

基於研究倫理及對受訪者的尊重，其言說在本文中出現時，不標明受訪者的真實姓名而改以代碼編排，其論述在本文中則以引言方式呈現。

編號	代碼	訪談日期	訪談方式	
1	A1	2007.12.10 Am 10:00~12:00	訪談錄音	奈米國家型計畫 辦公室執行長
2	A2	2007.12.19 Pm 4:00~5:00	訪談筆記	奈米國家型計畫 主持人
3	A3	2007.11.30 Am 9:00~10:30	訪談筆記	環保署科發組主 管
4	A4	2007.12.26 Pm 2:00~3:30	訪談錄音	衛生署國家奈米 醫學中心主任
5	B1	2007.12.10 Pm 3:30~4:30	訪談筆記	台大醫工所教授
6	B2	2007.12.04 Am 10:00~12:00	訪談錄音	台大職業醫工所 教授

附註二、訪談問卷

在對奈米國家型計畫進行了解之後，筆者針對相關領域的研究學者進行篩選，初步選定十位受訪者預備進行訪問，寄出詢問信件並附加訪談大綱，最後有六位受訪者回覆表示願意接受訪問。

訪問進行的流程為：筆者先以口頭向受訪者說明本次研究的方向與重點，接著便依照先前的訪談大綱，詢問受訪者的意見。訪談過程並未完全依照筆者預定的順序進行，一方面訪談情境無法完美設定，會依循當時的訪問狀況提及其他額外的訊息；另一方面受訪者有其自主性，有些問題受訪者不願意回答或者回答較為間接。

以下為訪談的大綱。

1. 創新體系的風險

過去的創新體系決策所帶來的危害，諸如 RCA 事件或是 Biobank 對人民隱私權的侵犯等，是否有成為奈米計畫決策過程中的考量？或者計劃小組是否有相對防範的措施來面對可能存在的風險？

2. 科研過程中是否有所管制？

目前國外研究發現，在奈米科技的研發過程中，可能會對人體或對環境造成傷害，例如，美國近期的[檢是奈米科技安全的最佳實務]報告中指出，許多公司及實驗室都相信奈米顆粒可能會對於暴露在這樣工作環境下的研究人員構成生命上的危害，而國內在研發的過程中是否有針對科研的過程進行管制？

3. 產品方面的管制

台灣目前所使用的奈米標章，主要用來標示該產品內含有奈米材質，證明該產品的確經過[奈米標章推行委員會]的審核，然而，產品本身的奈米材質是否含有危險，對人體及環境是否會造成污染及危害，這些安全方面的考量是否有被納入？

4. 奈米科技及產品的研發過程，與基因改造生物有許多類似之處，而 GMO 的發展在目前各國都是備受爭議，公眾對 GMO 產品也表達了許多憂慮。因此，在研發奈米科技時，是否有考量到公眾對於奈米產品可能產生的顧慮及看法？

附註三、奈米國家型科技計劃經費需求

	FY92	FY93	FY94	FY95	FY96	FY97
經濟部 ^{註一}	1,932,173	2,243,045	1,835,878	2,828,938	3,052,445	3,600,882
國科會	641,882	644,027	69,000	977,535	727,536	437,050
其他相關 部會 ^{註二}	46,863	133,586	213,002	293,000	316,800	340,960
總計	2,620,918	3,020,658	2,738,880	4,099,473	4,096,781	4,062,092

註一：經濟部內負責此計畫的相關主管單位包括：經濟部工業局、經濟部技術處、經濟部能源局、經濟部標驗局。

註二：其他部會包括：教育部、原子能委員會、環保署、衛生署、勞委會

註三：資料來源：<http://nano-taiwan.sinica.edu.tw/ProjectBig5.asp?S=7>



附註四、近三年美國各部會奈米研發預算(單位：百萬美元)

Agency	2006 Actual	2007 Estimate	2008 Proposed
NSF	359.7	373.2	389.9
DOD	423.9	417.2	374.7
DOE	231.0	235.2	331.5
DHHS/NIH	191.6	193.8	202.9
DOC/NIST	77.9	84.2	96.6
NASA	50.0	25.0	24.0
EPA	4.5	8.5	10.2
USDA/CSREES	3.9	3.4	3.0
DHHS/NIOSH	3.8	6.6	4.6
USDA/FS	2.3	2.6	4.6
DHS	1.5	2.0	1.0
DOJ	0.3	1.4	0.9
DOT/FUWA	0.9	0.9	0.9
Total	1351.2	1353.9	1444.8

表格來源：http://www.nano.gov/NNI_08Budget.pdf



附註五、FY2008 美國各部會奈米預算(單位：百萬美元)

	Fundamental Phenomena & Processes	Nano-material	Nano-scale Devices & Systems	Instr. Research, Metrology, & Standards	Nano-manufacturing	Major Research Facilities & Instr. Acquisition	Societal Dimensions	NNI Total
NSF	142.7	60.2	51.1	14.5	26.9	31.6	62.9	389.9
DOD	179.1	91.7	70.6	8.3	1.0	23.0	1.0	374.7
DOE	85.4	99.8	13.5	26.7	2.0	100.6	3.5	331.5
DHHS(NIH)	35.3	16.5	114.9	6.7	1.7	0.1	9.7	202.9
DOC(NIST)	27.1	8.0	13.5	26.4	11.1	4.5	6.0	96.6
NASA	1.0	12.0	10.0	0.0	1.0	0.0	0.0	24.0
EPA	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	9.6	10.2
USDA(CSREES)	0.4	0.8	1.5	0.0	0.1	0.0	0.2	3.0
DHHS(NIOSH)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	4.6
USDA(FS)	1.7	1.5	1.0	0.2	0.2	0.0	0.0	4.6
DHS	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
DOJ	0.0	0.0	0.1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.9
DOT(FHWA)	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
Total	491.8	290.7	227.4	83.6	44.0	159.8	97.5	1,444.8

表格來源：http://www.nano.gov/NNI_08Budget.pdf

CSREES	Cooperative State Research, Education, and Extension Service
DHHS	Department of Health and Human Services
DHS	Department of Homeland Security
DOC	Department of Commerce
DOD	Department of Defense
DOE	Department of Energy
DOJ	Department of Justice
DOT	Department of Transportation
EPA	Environmental Protection Agency
FHWA	Federal Highway Administration
FS	[U.S.] Forest Service
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIH	National Institutes of Health
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NIST	National Institute of Standards and Technology
NSF	National Science Foundation
USDA	U.S. Department of Agriculture

附註六、英國奈米研究中心

積體光電中心(Centre for Integrated Photonics; CIP)	此中心設於英國 Ipswich 地區的一個光電整合專門技術中心，CIP 密集利用奈米規模的 material deposition、device patterning 及 material sculpturing，為先進的積體光電零件及附屬系統開發可製造及低成本的解決方案。中心網站為： http://www.ciphotronics.com/index.htm
奈米科技各學科間的研究中心(Interdisciplinary Research Centre for Nanotechnology; IRC)	該中心設於英國劍橋地區，是劍橋大學、布里斯托大學與倫敦大學間的一項合作計畫。IRC 提供支持奈米科技各學科間的活動，並以在單一分子精細度的製作標準下去瞭解與控制奈米結構的物質與裝置，其主要目的在建立 IRC 成為國際奈米科技的領導中心。中心網頁為： http://www.nanoscience.cam.ac.uk/irc/
奈米科技、微小與光電系統的卓越研究中心(the Centre of Excellence in Nanotechnology, Micro and Photonic Systems; Cenamps)	該中心是東北英格蘭地區的一個獨立、國際且非營利企業的組織，專注於鼓勵高科技、高附加價值、新產品創新與先進功能性物質、生物科技、電子與光電等方面的製作技術研發。網站為： http://www.cenamps.com/
倫敦奈米科技中心(London Centre for Nanotechnology; LCN)	此中心為英國倫敦大學及倫敦大學帝國理工學院領導的一個跨學科研究中心，其架構是作為物理與生物醫學間的橋樑，其專注的科學領域包括：製作研究、理論與模型探討、創新電子、奈米生物學等方面的實驗。中心網站： http://www.london-nano.com/
奈米規模的科學與技術協會(The Institute for Nanoscale Science and Technology; INSAT)	INSAT 與 INEX 均設於 Newcastle 大學，其研究主要針對生物學、物理學及資訊方面的介面奈米工程，這些不同學科傳統的聚合，目前已被認為是實現微小系統與奈米科技應用於生物醫學或資訊科技、通信產業利益的基礎。中心網站為： http://www.inex.org.uk/
奈米科技協會(Institute of Nanotechnology; ION)	ION 自創設以來，一直是在促進、開發及推廣所有奈米規模的科學與技術，是奈米科技社會與一般大眾主要資訊的來源。中心網址為： http://www.nano.org.uk/

表格自製，參考資料：http://twbusiness.nat.gov.tw/asp/industry4_3.asp

附註七、歐盟 FP7 中奈米技術發展與行動計畫

Nano-science, Nano-technologies	<ul style="list-style-type: none"> a. 發展關於「介面」及「規模依賴現象」的新知識 b. 為發展新應用，而研究材料特性的奈米規模控制 c. 奈米規模之技術整合 d. 「自行組裝」之特性 e. 奈米馬達 f. 奈米機械及奈米系統 g. 建立方法及工具，以針對「奈米尺寸之物質」，進行描述、操作及運用 h. 發展可應用於化工業之「奈米及高精確度科技」 i. 建立奈米相關之「度量衡」、「術語表」及「標準」 j. 發展「新概念及途徑」，以強化各部門之應用，包括：促進新發展技術之整合與集中
Materials	 <ul style="list-style-type: none"> a. 開發「高績效表現材料」相關之新知識，以進一步應用在新產品及製程 b. 發展具有「量身訂做屬性」之知識基礎材料 c. 更可靠的設計與模擬 d. 更高的錯綜性 e. 宏觀規模的奈米分子技術，應用於化學科技及材料加工業 f. 新奈米材料、生物材料及混合材料，包括其設計及製程控制
New Production	<p>創造「知是密集製造」所需的條件與資產，包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 新典範的開創、發展及確認，以回應當前產業發展的需求 b. 發展相關的製造設施，強化以知識為基礎的生產 c. 為發展下一代高附加價值產品及服務，並有效因應需求的變化，應開發有助於技術集中的「新工程概念」
Integration of technologies for industrial applications	<p>整合奈米、材料及製造相關的新知識與科技，以促進單一工業或跨工業部門的應用；相關指標性產業包括：健康、建築、運輸、能源、化學、環境、紡織、造紙、機械工程等。</p>

參考：18,Dec. 2006 歐盟決議, <http://cordis.europa.eu/documents/documentlibrary/2750EN.pdf>

附註八、台灣奈米標章廠商及產品

奈米標章廠商	奈米產品資訊
和成欣業股份有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=16	抗污衛生陶瓷器，包括馬桶等44項產品
宏遠興業股份有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=14	奈米銀抗菌家飾用紡織用紡織品，共7項產品
展宇科技材料股份有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=12	耐磨耗合成皮革用PU樹脂
尚志精密化學股份有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=10	光觸媒脫臭塗料
長陽實業有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=4	耐磨耗PU合成皮革，共18項產品
羅馬磁磚工業股份有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=2	光觸媒抗污陶瓷面磚，共12項產品
立大化工股份有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=5	耐磨耗合成皮革用PU樹脂
舒活健康科技股份有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=15	光觸媒空氣清淨濾網及光觸媒空氣清淨機等共5項產品
龍強納米科技股份有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=13	奈米銀抗菌家飾用紡織品
新美華造漆廠股份有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=11	光觸媒脫臭塗料
台灣日光燈股份有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=6	光觸媒抗菌燈管，共29項產品
電光企業股份有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=3	抗污衛生陶瓷器，共34項產品
中國電器股份有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=7	光觸媒抗菌燈管，共8項產品
冠軍建材股份有限公司 http://www.nanomark.itri.org.tw/Product/factory_list.asp?VendorID=9	光觸媒抗菌陶瓷面磚